

# **AURINKOSÄHKÖN HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖISSÄ**

Case: Lohjan kaupungin kiinteistöt



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakentaminen

Visamäki, kevät, 2018

Sanna Laaksonen

Rakentaminen  
VISAMÄKI

---

<b>Tekijä</b>	Sanna Laaksonen	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	Aurinkosähkön hyödyntäminen kiinteistöissä Case: Lohjan kaupungin kiinteistöt	
<b>Työn ohjaaja</b>	Seppo Aalto	

---

## TIIVISTELMÄ

Suomi tavoittelee energiatuotannossaan ympäristöystävällisempiä tuotantokeinoja. Kasvihuonepäästöjä on pyrkimys vähentää 40 % vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Uusiutuviin energiamuotoihin on tästä syystä alettu kiinnittää huomiota ja valtion tasolla niitä tuetaan.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lohjan kaupungille. Lohja on vahvasti mukana tavoittelemassa omalta osaltaan päästöjen vähentämistä. Kaupungin tavoitteena on käydä läpi aurinkoenergian taustoja ja tulevaisuutta omissa kiinteistöissään.

Työssä tarkastellaan maailmanlaajuisia tilannetta aurinkoenergian osalla sekä Suomen tilannetta energian tuottajana. Lisäksi selvitettiin, millaisia hankintamuotoja järjestelmien toimittamiselle on olemassa ja niiden kustannusvaikutuksia kunnan taloudelle.

Työn tuloksena saatiin tarkasteltua erilaisten investointien kannattavuutta, tuottoa ja kustannuksia. Saatiin laajaa kuvaa siitä mihin maailma ja Suomi on aurinkoenergian saralla menossa.

**Avainsanat** sähkö, aurinkoenergia, aurinkovoimala, paneeli, investointi

**Sivut** 58 sivua, joista liitteitä 12 sivua

Degree programme in Construction and Environmental Engineering  
VISAMÄKI

---

<b>Author</b>	Sanna Laaksonen	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	Use of solar power in real estate Case: Lohja City Real Estate	
<b>Supervisors</b>	Seppo Aalto	

---

ABSTRACT

In its energy production, Finland seeks more environmentally friendly production methods. Greenhouse gas emissions are an attempt to reduce 40% by 2030 from the 1990 level. Therefore, attention has been paid to renewable energies and supported at state level.

This thesis was made to the city of Lohja. Lohja is strongly involved in seeking to reduce its emissions. The goal of the city is to go through the backgrounds and the future of solar energy in their own real estate.

The paper examines the global situation in the solar energy sector and the situation in Finland as a producer of energy. In addition, the forms of procurement for the delivery of systems and their impact on the municipal economy were studied.

As a result of the work, the profitability, return and costs of various investments were examined. There was a wide picture of where the world is and Finland is in the field of solar energy.

**Keywords** electricity, solar energy, solar power, panel, investment

**Pages** 58 pages including appendices 12 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	AURINKOENERGIA SÄHKÖN TUOTTAJANA.....	2
2.1	Aurinkoenergian käyttö kansainvälisesti.....	2
2.2	Aurinkoenergian käyttö Suomessa sähkön tuottoon .....	5
2.3	Aurinkoenergiasta tuotetun sähkön merkitys Suomessa .....	7
2.4	Aurinkoenergian tulevaisuus .....	9
3	KIINTEISTÖJEN AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄT .....	10
3.1	Kiinteistöjen aurinkoenergiajärjestelmien kansainvälinen tarkastelu.....	10
3.2	Suomessa tuotettuja kiinteistöjen aurinkoenergiajärjestelmiä .....	12
3.3	Aurinkoenergian hankintamallit ja investointikustannukset .....	14
3.3.1	Aurinkoenergian kustannustaso kansainvälisesti.....	14
3.3.2	Suomessa aurinkosähkön käyttöönoton hankintamalleja.....	16
3.3.3	Aurinkosähkön hinta ja markkinat.....	18
3.4	Varastointiratkaisut aurinkoenergiatuotannon tukena .....	19
4	LOHJAN KAUPUNGIN AURINKOENERGIAN NYKYTILANNE JA HAASTEET KÄYTTÖÖNOTOSSA JA YLLÄPIDOSSA .....	20
5	TUTKIMUS.....	21
5.1	Tutkimusmenetelmät .....	21
5.1.1	Kiinteistöjen tietojen kerääminen .....	21
5.1.2	Investointilaskennan menetelmät.....	22
5.1.3	Teemahaastattelut tutkimusmenetelmänä .....	26
5.1.4	Sisäinen kehittämistyöpaja tutkimusmenetelmänä .....	27
5.2	Tutkimusosien toteutuminen .....	27
5.2.1	Periaatteet kiinteistöjen valintaan .....	28
5.2.2	Haastattelujen teemat ja toteutus .....	29
5.2.3	Työpajan toteutus.....	30
5.3	Tutkimusten tulokset .....	31
5.3.1	Investointilaskelmat kolmen menetelmän kautta .....	31
5.3.2	Investointien tarkastelu eri sopimusmalleilla .....	34
5.3.3	Teemahaastattelujen sekä työpajojen yhteenveto.....	38

6	MITÄ LOHJAN KANNATTAA TEHDÄ.....	40
6.1	Yhteenvedo investointilaskelmien tuloksista kohteissa .....	40
7	YHTEENVETO.....	41
	LÄHTEET.....	43

#### Liitteet

Liite 1	Aurinkopaneelien asennuksen standardinmukaisuuden tarkastus
Liite 2	Esittely pohja palvelutuotantolautakunnan käsittelyyn 30.5.2018

## 1 JOHDANTO

Tutkimustyö laadittiin Lohjan kaupungille aurinkosähkön käyttöönotosta kiinteistöissä. Työn tavoite oli kerätä tietoa nykytilanteesta Suomessa ja maailmalla, läpikäydä tarjolla olevia hankintamalleja ja järjestelmiä. Lisäksi taustana on kaupungin strategiatavoitteet sekä HINKU-hankkeessa mukanaolo, jotka antavat määritelmän työn tarpeelle.

Valtakunnan tasolla on tavoitteena ollut kasvattaa vuoteen 2030 mennessä auringosta energiaa tuottavien laitosten määrää niin, että käytetystä tehotarpeesta 1 % osuus tuotetaan aurinkovoimalla. Nykyisiä tai uusia voimaloita tulisi kehittää vuosittain 4 % kasvuvauhdilla, jotta tavoitteeseen päästään. (Energiamurroksen ennakoidut vaikutukset 2030: Aurinkosähköjärjestelmät) Tästä syystä on kohdekunnassakin päätetty lähteä tutkimaan aurinkoenergian mahdollisuuksia.

Opinnäytetyön tutkimuksessa selvitetään järjestelmien kustannuksia, tuottoja ja kannattavuutta kaupungin kohteissa. Tältä osin kaupungin näkökulma aiheeseen on suoraan taloudellinen, sillä ennen kuin laitokset tuottavat on niiden perustamiskustannukset katettava. Tutkimuksella halutaan selvittää, millaisia säästöjä on mahdollista saavuttaa ja missä ajassa hankinta maksaisi itsensä takaisin. Onko aurinkoenergialla mahdollisuus saada riittävän suuria säästöjä? Mitä rahallista voittoa voidaan saavuttaa ylimääräisellä sähköllä? Lisäksi selvitetään mitä ratkaisuja on tarjolla ja mihin kohteisiin niitä voidaan käyttää. Työssä selvitetään kohde kaupungin rakennuskannan sopivuutta aurinkosähkövoimaloiden asentamiseen, mihin rakennukseen soveltuu paneelit katolle, seiniin, jne.

Tutkimuksen avulla on todennäköisesti mahdollista saada selville millaiset aurinkoenergiamuodot ovat kohde kiinteistöjen tarpeille sopivia. Vaihtoehtoina saattaa olla yksittäisen rakennuksen varustaminen aurinkopaneelien tai erillisen suuremman mittakaavan aurinkovoimalan rakentaminen. Tuloksena esitetään erilaisten hankintamallien kustannustehokkuudet ja luodaan vertailua niiden välillä.

Tutkimuksessa käytetään hyväksi viime aikaisia julkaisuja koskien aurinkoenergiaa. Selvitetään, onko aiempia opinnäytteitä saman tapaisista aiheista suoritettu. Työssä teoreettista viitekehystä esitellään taloudellisuuden ja tuottavuuden näkökulmasta. Kustannusten osalta on kohde kunnalla hyvät seurantatilastot energian kulutuksesta eri rakennuksissa, joten vertailu todellisilla arvoilla on helppoa ja todenmukaista. Kulutukset ovat suoraan verrattavissa tarvittaviin voimala kokoihin. Kirjallisuuslähteitä aihepiiristä löytyy ja niitä käytetään teoriaosuuden selvittämiseen.

## 2 AURINKOENERGIA SÄHKÖN TUOTTAJANA

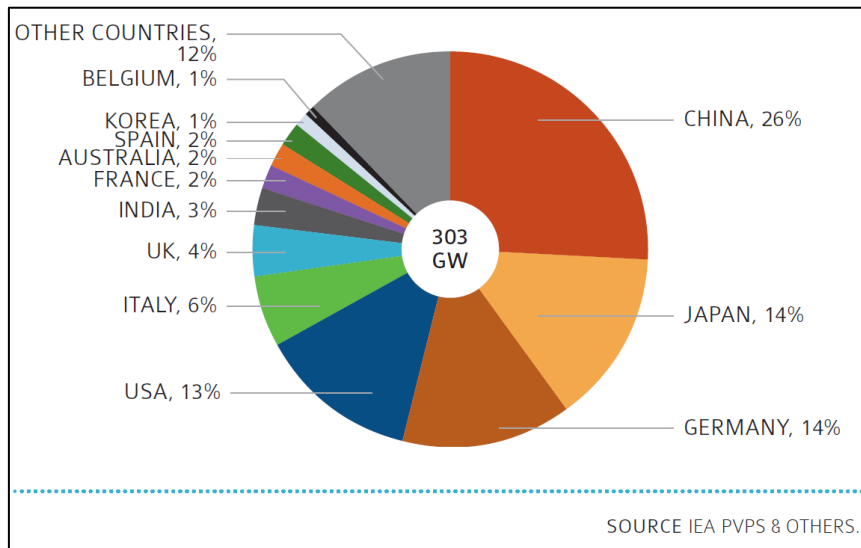
Aurinkoenergia on uusiutuva energiamuoto. Auringosta tullut säteilyenergia ei vähene, vaikka sitä maassa kulutetaan ja otetaan talteen. Tällä hetkellä käytetyistä energian lähteistä hiili ja öljy ovat hyviä esimerkkejä uusiutumattomista energialähteistä. Ne ovat myös sellaisia polttoaineita joista vapautuu suuria määriä haitallisia päästöjä, kun niitä käytetään energian tuottoon.

Auringosta on otettu talteen sen lämpöenergiaa jo kauan. Kaupunkeja on rakennettu sijoittamalla rakennuksia auringon paisteen mukaan. Etelään ikkunoita ja pohjoisen puolelle suojaa. Aurinkopaneelien osalta kehitystä on tapahtunut 1800 -luvulta lähtien, mutta vasta Saksan liittotasavallan poliittiset päätökset 2000 -luvun alussa, toivat ensimmäisen suuren läpimurron aurinkoenergian käyttöön. (Käpylehto J. 2016, s. 14 ja 25.)

Vuoden 2016 alusta alkoi toinen nousu jota voisi kutsua ”Aurinkoenergia 2.0”. Tämän hetken nousulle on antanut suuntaa Aasian maat, kärkenä Kiina ja Intia. Seuraaviin lukuihin on kerätty tietoa maailman tilanteesta tällä hetkellä aurinkoenergian suhteen, Suomen panostus tähän mennessä sekä aurinkoenergian merkitys meille. Lisäksi kerrotaan hieman tulevaisuuden näkymistä.

### 2.1 Aurinkoenergian käyttö kansainvälisesti

Aurinkoenergian käyttöönotosta maailmalla on olemassa useita tietolähteitä. Laajimpiin raportteihin kuuluu varmasti IEA PVPS Program (International Energy Agency, Photovoltaic Power System) tuottama julkaisu Trends 2017 In Photovoltaic Applications, jota on päivitetty jo 22 kertaa aina vuodesta 1995 lähtien. Uusimmassa julkaisussa 2017, kerrotaan muun muassa, että 49 maassa tuotettiin vuoden 2016 lopussa vuositasolla 100 MW ja 58 maassa enemmän kuin 10 MW sähköä aurinkoenergialla. Suomi sijoittuu tässä kilpailussa mukaan jälkimmäiseen ryhmään tuotolla 37,4 MW vuodessa. Kuvassa 1 on esitetty maailmalla asennettu aurinkosähkön tuotantokapasiteetti vuonna 2016. (IEA PVPS)



Kuva 1. Asennettu aurinkovoiman kapasiteetti 2016

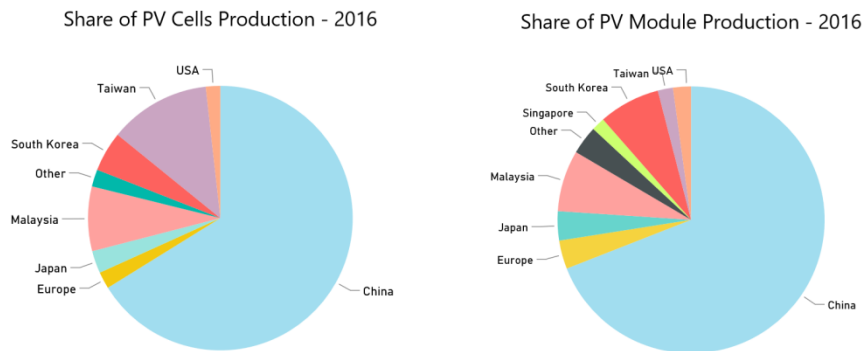
Saksa oli pitkään Euroopassa kehittynein maa joka hyödyntää aurinkoenergiaa sähköntuotantoon. Viimevuosina on kuitenkin Saksassa panostus pudonnut merkittävästi aikaisemmasta vuosivauhdista. Vuonna 2016 uusien tuotantolaitosten kasvu tippui vuoden 2008 tason alle (1,48 GW), kun se useampana vuonna oli noin 7,5 GW luokkaa. Iso-Britannia nousi kärkeen vuoden 2016 tilastossa tuotettuaan vuodessa 2,2 GW uutta aurinkoenergiaa.

Kiina on ollut aurinkoenergian tuottajana ja aurinkoenergiaan investoijana jo useana vuonna maailman kärkisijalla. Vuonna 2016 Kiina investoi uuteen tuotantoon noin 34 GW ja nosti kokonaistuotannon 78 GW:iin. (IEA PVPS.) Kuvassa 2 on esitetty Kiinassa oleva voimala vuoristomaisemassa.



Kuva 2. Maailmalla on suuria aurinkovoimaloita. Lähde: <https://meee-services.com/biggest-solar-power-plants/>





Kuva 3. Laitteistojen valmistajamaat. Saatavissa: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=472>

Kuvasta 3 näkee hyvin Kiinan valtaavan markkinaosuuden aurinkoenergian tuotteistamisen osalla. Vuoden 2017 tulokset näyttävät mikä merkitys Kiinan panostuksella on, kun järjestelmien kapasiteettia kasvatettiin 68 %. Seuraavaan kuvaan 4 on taulukoitu kymmenen suurinta maata ja niiden investointi vuonna 2017 aurinkoenergiaan, sekä kokonaistuottokapasiteetti.

TABLE 1: TOP 10 COUNTRIES FOR INSTALLATIONS AND TOTAL INSTALLED CAPACITY IN 2017

TOP 10 COUNTRIES IN 2017				TOP 10 COUNTRIES IN 2017			
1		China	53 GW	1		China	131 GW
2		USA	10,6 GW	2		USA	51 GW
3		India	9,1 GW	3		Japan	49 GW
4		Japan	7 GW	4		Germany	42 GW
5		Turkey	2,6 GW	5		Italy	19,7 GW
6		Germany	1,8 GW	6		India	18,3 GW
7		Australia	1,25 GW	7		UK	12,7 GW
8		Korea	1,2 GW	8		France	8 GW
9		UK	0,9 GW	9		Australia	7,2 GW
10		Brazil	0,9 GW	10		Spain	5,6 GW

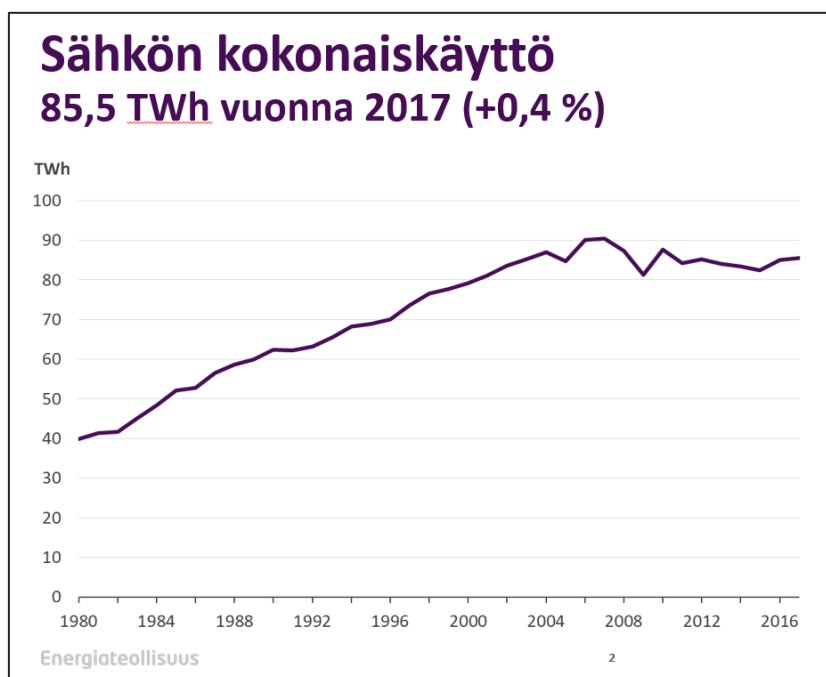
Kuva 4. Kymmenen kärki aurinkoenergian tuottajina 2017. Saatavissa: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=266>

Aurinkoenergian käyttöönotto on maailmalla nyt hurjassa kasvussa. Pikkuhiljaa on esille nostettu kysymystä siitä riittääkö tila halutun aurinkoenergian talteen ottamiselle. Siellä missä olisi tilaa ei välttämättä saavuteta kannattavinta tuottoa ja huollon tarve saattaa olla suuri. Esimerkiksi aavikoilla on tilaa eikä siellä puusto haittaa varjostuksella, mutta hiekkapöly paneelien päällä heikentää niiden toimintaa ja aiheuttaa kustannuksia huoltotöiden osalta.

## 2.2 Aurinkoenergian käyttö Suomessa sähkön tuottoon

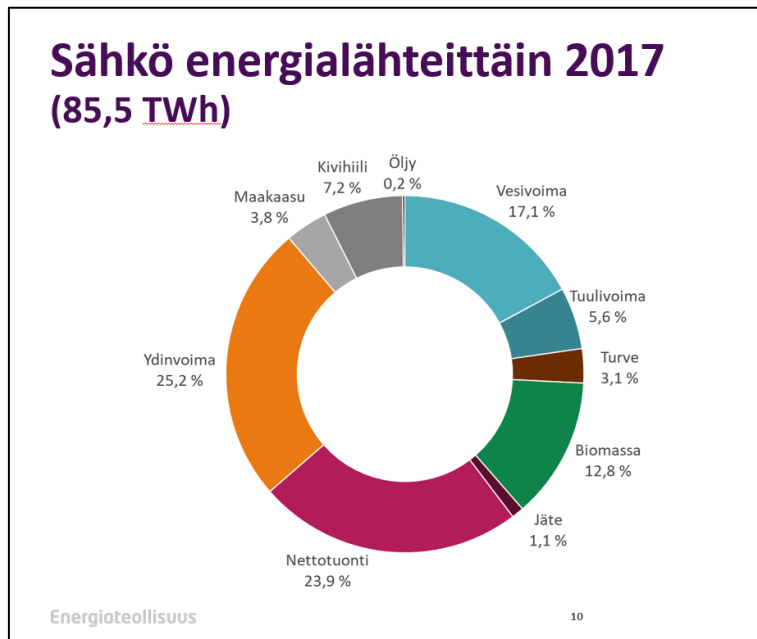
Alkuvuodesta 2017 on valmistunut teos Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Teoksen mukaan Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2030 mennessä. Tavoitteena on tuottaa yli 50 % energiatarpeesta uusiutuvilla energiatuotantomuodoilla. (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017, 25-26)

Suomen sähkön kulutus on kasvussa, muttei vielä ole samaa tasoa kuin huippuvuonna 2006. Suomen sähkön kulutuksessa näkyy hyvin vuoden 2008 talousnotkahdus, mutta 1990-luvun alun taloustilanne ei käyrällä juuri näy. Kuvassa 5 on esitetty maamme sähkönkulutuksen kasvu 1980 -luvulta vuoteen 2016. (Energiateollisuus ry)



Kuva 5. Energiateollisuus ry:n tuottamaa tilastotietoa sähkön kulutuksen kehityksestä 23.1.2018

Vuoden 2017 kulutus oli 85,5 TWh ja tuontienergiaa tästä kulutetusta sähköstä oli lähes 24 %. Tuontisähkön jälkeen seuraavaksi suurin sähkön tuottaja on ollut ydinvoima. Kuvassa 6 on esitetty Suomen energian lähteiden osuudet sähköntuotannossa vuonna 2017. (Energiateollisuus ry)



Kuva 6. Energiateollisuus ry:n tuottamaa tilastotietoa 23.1.2018

Kuvaajaan ei ole vielä päässyt mukaan aurinkosähköenergia, koska sen tuotanto on aloitettu merkittävällä tasolla vasta vuoden 2017 aikana. Suomen sähkön kulutus on tuottoon nähden suurempi ja ero on noin 2500 MWh päivässä. Euroopassa ainoastaan Italia kuluttaa enemmän tuontisähköä kuin Suomi. (Key Electricity Trends 2017.)



Kuva 7. Euroopan sähkökauppa (GWh) 2017. Lähde: Key Electricity Trends 2017

Kuntien osuus otetaan esille energian käyttäjinä ja suunnan näyttäjinä uusiutuvan energiatuotannon käyttöönotossa. Kunnissa on tehty päätöksiä ilmastopolitiikasta ja päästövähennystavoitteista. (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017, 53-54) Tätä tavoitetta palvelemaan on perustettu Hinku-foorumi johon kunta voi kriteerit täytettyään liittyä. Kunnat ovat muun muassa sitoutuneet tavoittelemaan koko alueensa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä 80 % vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Pyrkimyksenä on vähentää ilmastopäästöjä lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä ja parantamalla energiatehokkuutta. Tehtävänä on lisäksi kannustaa paikallisia yrityksiä ja asukkaita ilmastotekoihin. Mukana on tällä hetkellä 39 kuntaa ja kahdeksan vuoden aikana on kuntien päästöjä saatu laskettua noin 30 % (Hinku-foorumi.fi.)

Helsingistä löytyy tällä hetkellä viisi suurta aurinkovoimalaa, joiden tuotannon arvioidaan kattavan kesäpäivällä vajaan 1 % koko alueen sähkönkulutuksesta. Helsingissä tuotetaan tällä hetkellä noin 10 % Suomen aurinkoenergia tuotannosta. (Jantunen Heikki. 2018)

Suuria voimaloita on Helsingin lisäksi rakennettu Loimaalle ja Haminaan. Yhteensä voimalat tuottavat noin 2,3 MWp vuodessa. Toinen suuri muutoksen tekijä on yhteishankintoina tilatut järjestelmät. Suuryritykset kuten Atria ja Rauman Solar Park ovat kaavailleet aurinkosähköpuistojen rakentamista joiden tuotanto ylittäisi 6 MW. Atrian Nurmon-tehtaan hankkeesta uutisoi Tekniikka & Talous 12.4.2018 (Lukkari 2018), jonne on ylivoimaisesti Suomen suurin aurinkovoimala valmistumassa. Voimalaan tulee kaikkiaan 24000 paneelia ja voimalan paneelien nimellisteho on 6MW.

## 2.3 Aurinkoenergiasta tuotetun sähkön merkitys Suomessa

Monessa julkaisussa, kun puhutaan Suomen aurinkoenergian käytöstä, mainitaan kesäasunnoille asennetut aurinkosähköjärjestelmät. Arvioitu asennuskanta vuonna 2016 oli noin 10 MW. (Ahonen ja Ahola 2017) Kesäasunnoille asennettujen aurinkosähkö ja -lämpöjärjestelmien määrää on vaikea arvioida tarkasti. Ne ovat yleisiä varsinkin saaristoissa sekä muissa paikoissa jonne verkkosähkön tuonti on kallista. Loma-asunnolle aurinkoenergia on halpa ja toimiva ratkaisu.

Keskimäärin Suomessa saadaan auringon säteilyä 1000 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Säteilyn määrä on lähes samaa luokkaa kuin esimerkiksi Kööpenhaminassa tai Lontoossa, joten energian saannissa ei vuositasolla ole suurta eroa, kun verrataan aurinkoenergiaan enemmän panostaneisiin maihin. Suomen ongelma onkin se, että kulutus ja saatavuus eivät kohtaa ja energian varastoiminen on vielä kehittymisen alkutaipaleella.

Lämmön- ja sähköntuotantoon olisi mahdollisuus hyödyntää aurinkoenergiaa monin verroin nykyistä enemmän. Aurinkopaneelit tuottavat parhaiten selkeänä päivänä, kun pilviä ei ole, mutta ne keräävät säteilyä pilvisenäkin päivänä. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus perustuu paneeleille

käytettävissä olevaan pinta-alaan ja kohteen sähkön kulutukseen. Yhden paneelin tuotto noin 200 kilowattituntia vuodessa. Kuten jo mainittiin, niin Suomessa saadaan auringon säteilyä 1000 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja tähän lukuun perustuu laskelmissa käytetyt vuosituotto ennusteet. Yhden paneelin hyötysuhde (%) taas saadaan, kun paneelin nimellisteho (Wp) jaetaan paneelin pinta-ala (m<sup>2</sup>) kerrottuna säteilymäärällä (W/m<sup>2</sup>). (Käpylehto 2016, 142)

Paneelimäärien mitoitus on tehtävä aina kohteelle sopivaksi, tällöin saadaan taloudellinen kannattavuus harkittua. Julkaisussa Auringosta sähkö kotiin, kerrostaloon ja yritykseen, on annettu asennetulle järjestelmälle keskimääräiseksi hinnaksi 2 €/W sisältäen myös arvonlisäveron. Lisäksi kannattavuuteen vaikuttaa lainan määrä ja ostosähkön hinta sekä mahdollinen ylituotto sähköstä saatava korvaus. (Käpylehto 2016, 93-96.)

Esimerkiksi kohde jonka kattopinta-ala auringon suuntaan on noin 200 m<sup>2</sup> ja keskimääräinen sähkön kulutus on noin 32500 kWh/vuosi. Rakennuksen katolle voisi teoriassa asentaa noin 22 kpl aurinkopaneeleja (1,6 m<sup>2</sup>/kpl) joiden kokonaispinta-ala on 35,2 m<sup>2</sup>. Vuoden tuotto saadaan, kun säteilymäärä kerrotaan hyötysuhteella ja pinta-alalla. Järjestelmien hyötysuhteeksi annetaan yleensä 16,5 % luokkaa. Tulokseksi saadaan 5808 kWh/vuosi mikä on noin 18 % vuosikulutuksesta. Sähkön kulutus määrää tarvittavaa paneelimäärää. Mikäli sähkön tuotto jää kovin paljon alle 20 % kiinteistön kulutuksesta alkaa takaisinmaksuaika pidentyä.

Laitteiden suuntaus tulee harkita jokaisessa toteutettavassa kohteessa erikseen. Mikä ilmansuunta tuottaa parhaiten ja mikä kallistuskulma paneelille on paras tai edullisin. Suomen alueella on optimikallistus olisi 45°, mutta käytännössä mikäli katto on jossain kallistuskulmassa, on paneelin asennus siihen edullisinta laittaa saman suuntaisena. Paneelin tuottavuuteen vaikuttaa suuntauksen poikkeus eteläsuunnasta. Saatavan energian määrä laskee, kun suuntaus on yli 45° kaakkoon tai lounaaseen. (Käpylehto 2016, 17-19 ja 59.)

Suomessakin ollaan pääsemässä siihen, että sähkön ostohinta verkosta on samaa luokkaa kuin tuotanto aurinkoenergialla. Aurinkovoimaa markkinoivat yritykset väittävät säästöä syntyvän sähkön-siirtomaksuissa ja sähköveroissa, joita ei tarvitse maksaa. Mikä tämän säästön osuus on ja merkittävyys investoinnissa, on pyritty selvittämään tämän tutkimuksen investointi tarkasteluissa.

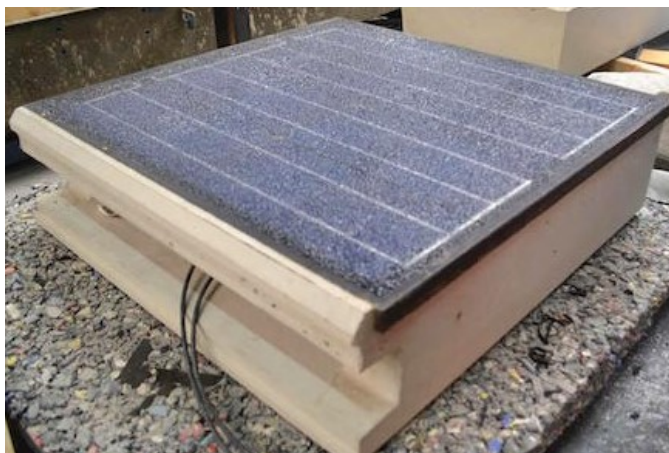
## 2.4 Aurinkoenergian tulevaisuus

Sanotaan, että auringostamme tulee miljardien vuosien päästä ensin niin sanottu punainen jättiläinen ja tämän jälkeen valkoinen kääpiö. Jättiläisvaihetta ennen aurinko alkaa jäähtyä ja meidänkin planeettamme oleminen lakkaa, ainakin sellaisena kuin se nyt on. Voi kuitenkin todeta, että niin kauan kuin auringon energia on käytössämme tulisi sitä hyödyntää kaikkien mahdolliseen.

Tulevaisuudessa aurinkoenergia näyttäytyy sähköntuotannon vihreimpänä elementtinä. Sen rinnalle on jo tänä päivänä kehitteillä luonnonmukaisempia akku järjestelmiä kuten suolavesiakut, joiden materiaalit eivät ole niin suuria ympäristömyrkyjä. Kun järjestelmien hintataso vielä alenee ja tuotteiden kehittäminen modernisoidaan sekä sovitetaan ajan arkkitehtuuriin, luodaan tulevaisuuden hittituotteita. Suomalaiseen kulttuuriin kuuluu epäily ja varmistelu, mutta kun tuote saadaan tuotteistettua ajan henkeen sopivaksi nämä kaksi luonteenpiirrettä kaikkoon kummasti. Mielestäni juuri tätä tulemistä ”Aurinkoenergia 2.0” edustaa.

Toiselta puolelta maapalloa löytyy tutkimus International Energy Outlook 2017, jonka on tuottanut U.S. Energy Information Administration (eia). Tutkimuksessa on mallinnettu energiataloutta ja energialähteitä vuosien 2015-2040 aikavälillä. Trendinä tässäkin lähteessä on se, että hiili ja öljy menettävät asemiaan energian tuotossa ja tuuli- sekä aurinkoenergia kasvattavat osuuksiaan. Vesivoiman osalta tutkimus toteaa tuotantokapasiteetin nousun olevan rajallinen, koska luonnon mukaiset mahdollisuudet alkavat olla jo käytössä.

Euroopassa tällaista innovaatioiden kokeilua on menossa muun muassa Alankomaissa, Krommeniessa. SolaRoad niminen yritys on lähtenyt nimensä mukaisesti kehittämään teiden päällysteeseen sopivaa aurinkokenno järjestelmää. (SolaRoad 2018) Yritys kertoo sivustoillaan kokeilussa olevasta jalankulkuväylästä, johon tuotetta on jo kokeilumielessä asennettu. Seuraavaksi askeleeksi on ilmoitettu Haarlemmermeern alueelle asennettavasta raskaan liikenteen kestävästä järjestelmästä johon maankunta antaa 2,7 miljoonan euron avustuksen. Saman tapaisia kokeiluja on suoritettu myös Kiinassa, jossa asennetun tieneliön hinnaksi muodostui arviolta noin 450 dollaria.



Kuva 8. Periaatekuva katurakenteisiin asennettavasta aurinkosähköpaneelista. Saatavissa: <http://www.energycareer.com.au/archived-news/solar-road-scores-high-in-early-tests>

Tulevaisuudessa autoilun sähköistys on siis otettavissa suoraan tieltä. Mitä keksitäänkään lentämiseen, raideliikenteeseen tai laivamatkustamiseen nähdään varmasti jo lyhyen ajan päästä. Tavallisen arjen pyörittämiseen tulee taskulamppujen ja laskinten lisäksi paljon pientä mukana pidettävää tekniikkaa. Vaatteisiin on jo integroitu latausmahdollisuuksia kännyköitä varten ja ihmiset pitävät tekniikasta joka vapauttaa osaltaan liikkumista ja selviytymistä kodin ulkopuolella.

### 3 KIINTEISTÖJEN AURINKOENERGIAJÄRJESTELMÄT

#### 3.1 Kiinteistöjen aurinkoenergiajärjestelmien kansainvälinen tarkastelu

Aurinkoenergian keräyksessä on käytössä kaikenlaisia menetelmiä. Suosituimmaksi energian keräysmuodoksi on noussut paneelien avulla tuotettu sähkö. Muita tapoja on esimerkiksi ilman tai veden liikuttaminen, jotta saadaan turbiineja pyörimään voimalaitoksissa. Pientuotannossa on suosittua myös tuottaa lämmintä käyttövettä aurinkokeräimien avulla.

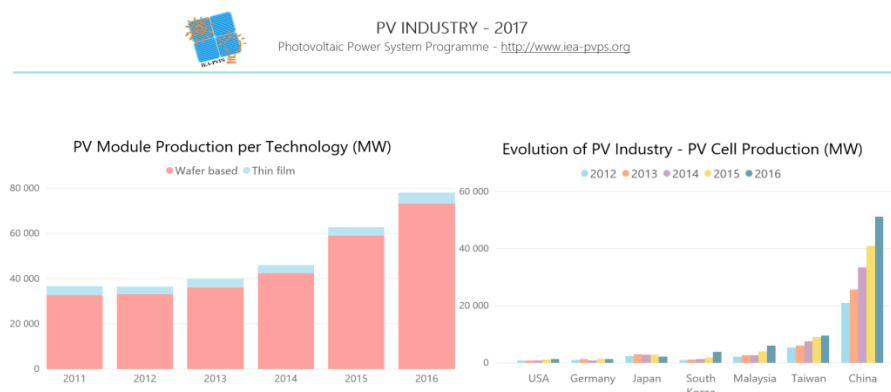
Sähköä kerätään yleisimmin asuin- ja liikerakennusten katoilta. Katolle saadaan helpoin menetelmin asennettua järjestelmät ja kallistukset paneeleille ovat suotuisia. Kiinteistöihin jälkiasennuksena tulevat aurinkoenergiajärjestelmät eivät pääsääntöisesti ole kauniita katsella ja monia vanhoja rakennuksia on ulkonäöllisesti pilattu. Tekniikka kuitenkin kehittyy koko ajan ja järjestelmät saavat tehoa sekä huomaamattomuutta.

Aurinkoenergia alalla on ulkomaalaisia yrityksiä, jotka markkinoivat rakennusten julkisivuihin tuotteita joiden sisään on rakennettu aurinkokennos-toja. Esimerkiksi lasin sisään integroidut järjestelmät lupaavat 30-50 Wp/m<sup>2</sup> tuottoa. Tuoton vaihtelu johtuu suoraan lasin tummuusasteesta eli siitä, kuinka paksu kennosto on lasiin tai muoviin integroitu. Tuotto-odotuksiin vaikuttaa myös käytettävän piin rakenne yksikiteisenä tai monikiteisenä kennona. Näillä järjestelmillä toteutettavissa hankkeissa on vain kekseliäisyys rajana.



Kuva 9. Dubai Frame 2017. Saatavissa: <http://whatson.ae/dubai/2017/12/dubai-frame-open-january-1/>

Kuten kuvassa 9, on esimerkiksi Dubaissa tehty erilaisilla muodoilla aurinkopaneeleista hauskoja yksityiskohtia uuden maamerkin julkisivupintoihin. Rakennuksen paneelit keräävät aurinkoenergiasta muodostettua sähköä varastoon ja se kulutetaan ilta- ja yöaikaan erilaisiin valoesityksiin sekä rakennuksen viilentämiseen.



Kuva 10. Saatavissa: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=472>

Kuvan 10 taulukot kertovat vuosittaista aurinkoenergian hyödyntämiseen käytettävän laitteiston kehitystä. Vain hieman suurempi osuus laitteistoista valmistetaan ohutkalvomenetelmin.



Rakennusten viilentäminen ja lämpimän käyttöveden tuottaminen sekä valaistus ovat aurinkoenergian avulla mahdollista toteuttaa. Kiinteistöpuolella uutuutena onkin laatia asuinalueita kattavia järjestelmiä. Useiden rakennusten muodostamat yhtiöt ottavat aurinkoenergian varastoon tai suoraan käyttöön. Tällaisia alueita on jo useita esimerkiksi Saksassa, jossa rakennusten koko sähköntarve pystytään kattamaan uusiutuvilla energia-muodoilla.

### 3.2 Suomessa tuotettuja kiinteistöjen aurinkoenergiajärjestelmiä

Aurinkoenergia otetaan talteen joko sähköön tai lämmön muodossa. Aurinkosähköjärjestelmä koostuu paneeleista, invertteristä sekä jonkinlaisesta varastosta tai akustosta. Paneelit on rakennettu kennoista, joissa on yksi- tai monikiteistä piitä. Tällaisten kennojen parhaana puolena on rakenteen stabiilius joka tarkoittaa sitä, että piikide ei muuta olomuotoaan vuosien-kaan saatossa. Käyttäjälle tämä merkitsee paneelin pitkää käyttöikää jopa yli 50 vuotta. (Käpylehto 2016 s. 135-137.)

Seuraaviin kuviin on kerätty uusimpia ideoita aurinkopaneelien sijoittamiseksi. Olemassa oleviin kattopintoihin voidaan liimata mattomaisia paneeleja tai kuten kuvassa 12, voidaan paneeli laminoida lasin sisälle, jolloin se toimii osin myös sisustuksellisenä elementtinä. Samoja tuotteita voidaan asentaa myös pystypinnoille.

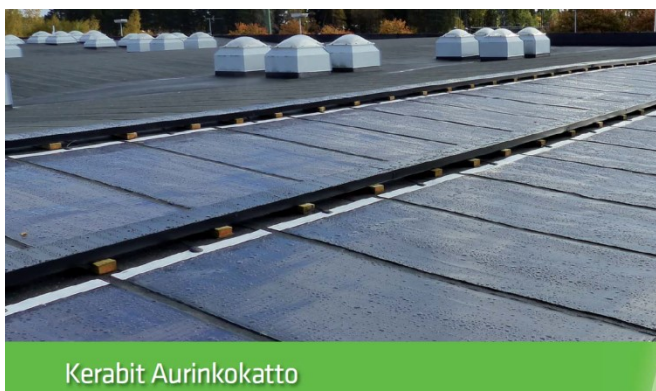


Virte Solarin aurinkopaneelit kiinnitetään kattopeltiin jo tehtaalla.

Kuva 11. Virte Solar. Kattopeltiin integroitu aurinkopaneeli. Viitattu 12.4.2018. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/kotimainen-valmistaja-tekee-kattopelteja-joissa-aurinkopaneeli-on-jo-valmiiksi-asennettuna-6573067>



Kuva 12. Aurinkokennosto lasin sisälle integroituna. Saatavissa: <https://www.visionlasiterassit.fi/vision-solar-aurinkokatto/>



Kuva 13. Bitumikermikatolle asennettava mattomainen paneeli. Saatavissa: <http://www.kerabit.fi/tuotteet/katot/aurinkokatto>

Laitteiston huolto katolla on lähinnä lumen tai lehtien poistoa sekä paneelin pinnan puhdistusta esimerkiksi siitepölykauden jälkeen. Kuvien 11-13 esittämissä ratkaisuissa ei huollolle aiheuteta haasteita erillisten telineiden muodossa. Kuvassa 14 on tasakatolle asennettu aurinkopaneeleja. Niiden kulmaa on hieman muutettu telineen avulla.

Asennettaessa aurinkopaneeleja katolle käyttäen telineitä on otettava huomioon katon rakenteet. Paneelit voivat aiheuttaa kertyvälle lumikuormalle vaihtelevaa kinostumista ja tätä kautta lisäkuormaa. Liitteessä 1 on kattavasti selostettu mitä tulee asennuksissa ottaa huomioon. Finnwind Oy on koostanut ohjeen aurinkopaneelien asennuksen standardinmukaiselle tarkastukselle. Uusin versio ohjeesta on ilmestynyt 19.3.2018.



Kuva 14. Perinteisempi aurinkopaneeli. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2014-10-29/N%C3%A4kym%C3%A4t%C3%B6n-aurinkopaneeli-sulautuu-rakennukseen-t%C3%A4ydellisesti-3256705.html>

Kaikki edellä esitetyt paneelimallit ovat mahdollisia kohde kunnan kohteissa. Tarkoituksena on asentaa laitteistoja pääasiassa rakennusten katoille tai seiniin. Osa rakennuksista ovat kuitenkin tärkeitä kaupunkikuvallisia rakennuksia ja niiden arkkitehtuurin muuttaminen saattaa estää paneelien asennuksen. Toistaiseksi kaikkia ei miellytä paneelien tumma sinertävä värisävy.

### 3.3 Aurinkoenergian hankintamallit ja investointikustannukset

#### 3.3.1 Aurinkoenergian kustannustaso kansainvälisesti

Koska suuret voimalahankkeet vaativat rahoitusta on kehityksen tueksi saatava mukaan valtio ja suuryritykset. Kannattavuuden osalta on meillä vielä kehitettävää. Esimerkiksi Saksassa ylimääräisen sähkön tuottamisesta ja siirtämisestä verkkoon maksetaan hyvä hinta, jolla pystytään laskemaan laitteistojen takaisinmaksuaikaa. Suomessa verkkoon siirretystä sähköstä ei pientuottajalle makseta tai korvaus on noin kymmenesosa ostettavasta sähkön hinnasta.

Seuraavaan taulukkoon 1 on kerätty maiden ilmoittamia kustannustietoja aurinkoenergian rakentamisen osalta vuonna 2016. Suomen hintataso verkkoon asennettujen voimaloiden osalta on taulukon mukaan keskitasoa.

Taulukko 1. Järjestelmien asennushintoja

COUNTRY	OFF-GRID (LOCAL CURRENCY OR USD PER W)				GRID-CONNECTED (LOCAL CURRENCY OR USD PER W)							
	<1 kW		>1 kW		RESIDENTIAL		COMMERCIAL		INDUSTRIAL		GROUND-MOUNTED	
	LOCAL CURRENCY/W	USD/W	LOCAL CURRENCY/W	USD/W	LOCAL CURRENCY/W	USD/W	LOCAL CURRENCY/W	USD/W	LOCAL CURRENCY/W	USD/W	LOCAL CURRENCY/W	USD/W
AUSTRALIA	5,5 - 11	4,08 - 8,17	5,5 - 11,0	4,08 - 8,17	2,42	1,80	1,79	1,33	1,82	1,35	2,76	2,05
AUSTRIA	5,00	5,50	5,00	5,50	1,65	1,80	1,39	1,40	NA	-	NA	-
BELGIUM	NA	-	NA	-	1,5 - 1,9	1,66 - 2,11	1,2 - 1,5	1,33 - 1,66	1,20 - 1,40	1,33 - 1,55	NA	-
CANADA	NA	-	NA	-	3,00 - 3,5	2,26 - 2,64	2,5 - 3,00	1,88 - 2,26	2,00 - 2,5	1,5 - 1,88	2,00	1,51
CHINA	22,00	3,31	18,00	2,71	7 - 10	1,053 - 1,5	7 - 8	1,05 - 1,20	7 - 7,5	1,05 - 1,12	7 - 7,2	1,05 - 1,08
DENMARK	10,0 - 25,0	1,4 - 3,71	20,0 - 35,0	3,0 - 5,19	8 - 15,0	1,18 - 2,2	6,0 - 13,0	0,891 - 1,9	6,0 - 14,0	0,891 - 2,0	4,0 - 7,0	0,59 - 1,3
FINLAND	5,00	5,53	3,50	3,87	1,3 - 2	1,47 - 2,2	1,05 - 1,35	1,16 - 1,49	0,95 - 1,3	1,05 - 1,43	1 - 1,2	1,1 - 1,32
FRANCE	NA	-	NA	-	2,2 - 2,9	2,4 - 3,2	1,20	1,33	1,20	1,32	0,90 - 1,10	0,99 - 1,21
GERMANY	NA	-	NA	-	1,3 - 1,7	1,43 - 1,88	1,0 - 1,7	1,1 - 1,88	NA	NA	0,60	0,66
ITALY	NA	-	NA	-	1,34 - 1,73	1,43 - 1,88	1,20 - 1,48	1,326 - 1,635	1,08 - 1,26	1,19 - 1,39	0,76 - 0,98	1,10 - 1,08
JAPAN	NA	-	NA	-	324,00	2,98	245,00	2,25	245,00	2,25	236,00	2,17
KOREA	NA	-	NA	-	1 500 - 2 000	1,29 - 1,72	2 200 - 2 300	1,89 - 1,98	NA	NA	NA	-
MALAYSIA	NA	-	NA	-	7,83	1,89	7,10	1,71	6,94	1,67	NA	-
NORWAY	30 - 150	3,57 - 17,85	45 - 150	5,35 - 17,84	15,00	2,23	14,00	1,67	12,00	1,43	NA	-
PORTUGAL	3,00	3,32	2,70	2,99	2,20	2,43	1,40	1,55	1,00	1,11	0,7 - 0,8	0,78 - 0,89
SPAIN	2,5 - 3	2,7 - 3,3	2 - 2,8	2,2 - 3,09	1,4 - 1,5	1,54 - 1,65	0,8 - 1,2	0,88 - 1,33	0,8 - 1,2	0,88 - 1,32	0,70	0,77
SWEDEN	25,00	2,92	20,40	2,38	15,00	1,75	12,30	1,44	11,60	1,35	9,20	1,07
SWITZERLAND	5,0 - 12,0	5,07 - 12,17	4,0 - 12,0	4,05 - 12,17	2,5 - 3,5	2,53 - 3,55	1,5 - 2,5	1,52 - 2,53	1,25 - 1,70	1,26 - 1,72	NA	-
USA	NA	-	NA	-	2,93	2,93	2,13	2,13	2,03	2,03	1,49	1,49

NOTE: DATA REPORTED IN THIS TABLE DO NOT INCLUDE VAT.

SOURCE IEA PVPS.

Esimerkiksi Japani ja Yhdysvallat yllättävät sekä korkealla asennustyön osalla, että Japani myös pelkän järjestelmän hinnoilla. Molemmissa tarkasteluissa maat ovat kalleimpien joukossa. Taulukkoon 2 on kerätty vuoden 2016 hintatasoa pelkälle järjestelmälle. Hintavertailusta voidaan todeta, että laitteistojen osuus järjestelmähankinnoissa on kutakuinkin samaa luokkaa suuressa osassa maita.

Taulukko 2. Moduulien hintavertailua

COUNTRY	CURRENCY	LOCAL CURRENCY/W	USD/W
AUSTRALIA	AUD	0,54 - 0,8	0,4 - 0,6
AUSTRIA	EUR	0,46 - 0,7	0,5 - 0,8
CANADA	CAD	0,66 - 0,78	0,5 - 0,6
CHINA	CNY	3,1	0,5
DENMARK	DKK	2 - 6	0,3 - 0,9
FINLAND	EUR	0,5 - 0,65	0,6 - 0,7
GERMANY	EUR	0,41 - 0,57	0,5 - 0,6
ITALY	EUR	0,4 - 0,65	0,4 - 0,7
JAPAN	JPY	189	1,74
KOREA	KRW	374 - 565	0,3 - 0,5
MALAYSIA	MYR	2,33 - 3,62	0,6 - 0,9
PORTUGAL	EUR	0,5 - 0,6	0,6 - 0,7
SPAIN	EUR	0,5 - 1,05	0,6 - 1,2
SWEDEN	SEK	6,5 - 6,5	0,8 - 0,8
SWITZERLAND	CHF	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8
USA	USD	0,37 - 1	0,37 - 1

NOTES: DATA REPORTED IN THIS TABLE DO NOT INCLUDE VAT.

GREEN = LOWEST PRICE. RED = HIGHEST PRICE.

SOURCE IEA PVPS.

Intiasta ja maan innokkuudesta rakentaa aurinkoenergiaa on uutisoitu viime vuosina paljon. Intia on perunut useiden uusien hiilivoimaloiden rakentamispäätöksiä ja korvannut tuotantoa aurinkovoimaloilla joiden yh-

teistehon arvioidaan olevan tulevaisuudessa 14 GW luokkaa. Aurinkosähkön hinta laskee Intiassa koko ajan ja on jo alittanut hiilivoimalla tuotetun sähkön tukkuhinnan. Kansainvälisesti tämä suuntaus on merkittävä, sillä Intia on kolmanneksi suurin kasvihuonekaasujen päästäjä.

Pohjoismaista aurinkosähkön tuotantotukirakennetta on tutkinut Heli Nissilä osana Aalto yliopiston FinSolar-projektia. Tutkimuksesta selviää, että Iso-Britannia, Tanska ja Ruotsi tukevat myös pienaurinkosähkötuotantoa. Valtioiden tuki on joko rahoituksen eli lainan tukemista tai suoraa investointirahoitusta (Nissilä 2015.) Saadaanko Suomessa hankkeille esimerkiksi työ- ja elinkeinoministeriön energiakärkihanketukea tai muita tukia, joita on vuosina 2016-2018 jaettu. (Energiamurroksen ennakoitavat vaikutukset 2030: Aurinkosähköjärjestelmät)

### 3.3.2 Suomessa aurinkosähkön käyttöönoton hankintamalleja

Aurinkovoimalan tai pienemmän yhtä rakennusta palvelevan yksikön rakentaminen ei ole halpaa. Euroopassa kuten Espanjassa on rakennuskustannukset hieman alhaisemmat. Suurempien järjestelmien hankinta ja asentaminen kuuluvat alan ammattilaisten hoidettaviksi. Tutkimuksessa on tarkoituksena selvittää mitä palveluita on ostajalle tarjolla. Avaimet käteen tai oma urakointi. Katolle, seinälle tai maastoon. Siinä peruskysymykset heti alkuun.

Avaimet käteen -hankinta muodossa laitteiston myyjä huolehtii niin lupien kuin asennusten ja sopimusten hoidosta. Laitteiston toimittaja on yhteydessä tarvittaviin osapuoliin ja tilaaja ottaa valmiin paketin suoraan käyttöön. Tästä kehittyneempi versio on se, että laitteiston toimittaja huoltaa järjestelmää ja osin myös rahoittaa sen. Tilaaja maksaa käyttömaksua sovitun ajanjakson jonka jälkeen laitteisto siirtyy tilaajan omistukseen tai sille on sopimuksessa sovittu lunastusarvo.

Hankkeeseen ryhtyvällä on monia vaihtoehtoja rahoittaa hankettaan. Aurinkovoimalan voi ostaa suorana investointina ja omalla pääomalla. Investoinnin voi toteuttaa myös erilaisilla rahoitusmalleilla. Tunnetuin rahoitusmalli on varmastikin suora rahavelka eli laina. Lainarahoituksen huonoin puoli on sen takaisin maksusta aiheutuvat pankki- ja korkokulut sekä hankinnan näkyminen kunnan taseessa. Korkokulut tulee ottaa huomioon, kun lasketaan investoinnin kannattavuutta ja mitoitetaan tarvittavaa laitteistoa. Lainan ottaminen ei kannata, mikäli järjestelmä ei tuota enemmän kuin on koron määrä, mutta oikein mitoitettu järjestelmä ottaa tämänkin seikan huomioon.

Osamaksukauppa ja rahoitus leasing ovat saman kaltaisia rahoitusmuotoja. Erona on, että leasing sopimuksessa laitteisto on myyjän tai rahoittajan omistuksessa koko sopimusajan. Omistus vaihtuu vasta sopimuksen päättyessä, jolloin katsotaan laitteisto maksetuksi tai sovittu jäännösarvo

on maksettu. Osamaksukaupassa laitteiston omistus siirtyy ostajalle ja sopimuksessa on ehto myyjän oikeudesta laitteistoon, mikäli maksuja ei suoriteta (Auvinen Karoliina 2015.)

Tämän päivän trendi jota kunnille tarjotaan, on niin sanottu pitkäaikainen ostosopimusmalli (PPA-malli, power purchase agreement). Sopimuksen mukaan laitteiston hankinta, asentaminen, ylläpito ja huolto kuuluvat rahoittajalle. PPA-malli ja käyttöleasingrahoitusmalli ovat pitkälti saman kaltaiset. Käyttöleasingrahoitusmallissa toiminta on saman kaltaista kuin autojen pitkäaikaisessa vuokrauksessaakin. Vuokra-ajan päättyessä laitteisto palautuu vuokraajalle. Vuokra-ajan tulee molemmissa tapauksissa olla pitkä, vähintään 30–40 vuotta riippuen laitteiston arvioidusta käyttöiästä.

Yle Uutiset otsikoi 20.4.2018, Hangon ottamasta jättiloikasta aurinkosähkön käytössä. Paneelivalmistajat ja laitetoimittajat tarjoavat kunnille sopimusta jossa sähkö ostetaan yritysten asentamista ja huoltamista aurinkovoimaloista. Hanko lähti tällaiseen leasing-periaatteella toimivaan ostosopimukseen. Periaatteena on ostaa sähköä sovitulla hintaa, kunnes paneelien investointihinta on maksuilla maksettu ja saada tällä tavoin järjestelmä kunnan omistukseen ilman, että kustannukset näkyvät miinuksina taaseessa (Yle uutiset 20.4.2018.)

Hangossa kahdentoista kaupungin omistaman rakennuksen katoille asennetaan aurinkopaneelit. Paneelit tuottavat noin 700 kW aurinkosähköä vuodessa. Näistä kahdestatoista kohteesta kolmen aurinkovoimalan hankinta rahoitetaan 12-vuotisella leasingsovimuksella (Hangon lehti, 2017.)

Hangon hanke liittyy osana Suomen Ympäristökeskuksen järjestämään aurinkopaneelien yhteishankintaa. Saman hankkeen suurin kohde on Helsingin seudun ympäristöpalveluiden kuntayhtymän HSY:n Pitkäkosken vedenpuhdistuslaitos, jonne on asennettu nimellisteholtaan 475 kW aurinkovoimala. Yhteishankintaan voivat osallistua kunnat ja kuntien yli 50-prosenttisesti omistamat organisaatiot aina vuoden 2020 loppuun asti. (Yle uutiset 20.4.2018.)

Vuoden 2016 suuresta aurinkoenergia hankkeesta Ylellä uutisoitiin 27.7.2016, jolloin Loimaan kaupunki lähti mukaan aurinkopaneelipuisto hankkeeseen. hanke on Suomen suurimpia ja kokoa sillä on 2,4 hehtaaria. Aurinkopuistossa on 2400 paneelia, joiden vuosi tuotoksi on arvioitu 750 MWh vuodessa (Yle uutiset 27.7.2016.)

Esitettyjen vaihtoehtojen lisäksi on kohdekunnassa ideoitu naapurikunnan kanssa tehtävästä yhteistyöstä. Kohdekunnan osalta olisi tarjota tilat laitteistoille ja naapurikunnasta löytyisi asennusosaaminen. Molempien kuntien omistuksessa on omat lämpöyhtiöt joiden yhteistyötä voisi kehittää.

### 3.3.3 Aurinkosähkön hinta ja markkinat

Ylijäämänsähkön myynnille on olemassa monilla sähköntoimittajilla sähkösopimusmalleja joilla voi saada korvausta tuotosta jota omat kohteet eivät käytä. Verkkoon siirretystä sähköstä maksetaan yleensä pörssisähkön Suomen hinta-alueen Spot-tuntihintaa. Toiset yhtiöt vähentävät välityspalkkion hinnasta ja joillain yhtiöillä hintaa tasataan vuositasolla tarkastellen. Kotitalouksien omatuotanto on lisäksi arvonnlisäverotonta.

Aurinkoenergian tuotantohinta on kehittynyt Suomessa hitaasti, mutta on lähdössä samaan suuntaan kuin Keski-Euroopassakin. Tuotetun sähkön hinta on tärkeimpiä kriteerejä aurinkovoiman käyttöönottoon. Aurinkopaneelien hinnat ovat laskeneet tasaisesti jo 2000 -luvun alusta lähtien. Tutkimusten mukaan keskiarvona hankinnan takaisin maksulle pidetään 15 vuotta. (Käpylehto 2016,45–47)

Sähkömarkkinoita tulee Suomessa kehittää ja Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisun 4/2017 mukaan on lähtökohtana pidettävä laajojen sähkömarkkinoiden ylläpitämistä ja edelleen kehittämistä. Toinen kehittämisenkohde on ns. tehoreservijärjestelmät eli akustot, joilla tasataan kulutuksen huippuja. Tukia uusiutuvan energian käyttöön ottamiseksi on saatavissa. Tällä hetkellä Työ- ja elinkeinoministeriön tuet tälle hallituskaudelle on jo jaettu, mutta suunta on tulevaisuudessa varmasti sama. Nykyinen hallitus on tukenut hankkeita vuosien 2016-2018 aikana noin 20 miljoonalla eurolla.

Vuodesta 2016 lähtien on uusiutuvan energian tuottamiselle voinut hakea tukea valtiolta. Tukea saa tällä hetkellä kunnat, yritykset ja yhteisöt. Aurinkoenergiaa hyödyntävälle hankkeelle on mahdollista saada 25 % tuki. Energiatukea tarjotaan investointi- ja kehittämishankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai vähentävät energian tuotannon ympäristöhaittoja. (ely-keskus.fi)

Valtion tasolla on tutkittu myös negatiivisia taloudellisia vaikutuksia valtion talouteen. Energiamuotojen muuttuessa uusiutuvaan tuotantoon on valtion kassaan kilahtamassa tulevaisuudessa vähemmän verotuloja. Samaa aikaan on kuitenkin tarkoitus tukea kehitystä. Tulojen ennustetaan putoavan 2017-2020 välisellä ajanjaksolla noin 1400 miljoonaa euroa. (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 4/2017, 83–86.)

Aurinkosähkön yleistymisen Suomessa edellyttäisi syöttötariffin tai muun tukimuodon laajempaa käyttöönottoa ylituotannon osalle. Muualla Euroopassa ylimääräisestä sähköstä maksetaan jo kohtuullista korvausta, jonka avulla järjestelmän laskennallinen takaisinmaksuaika lyhenee huomattavasti. (Laitinen 2010 s. 91-93)

Euroopan Unionissa suuntaa antaa lainsäädäntö, joka velvoittaa kaikkia EU-maita siirtymään 15 minuutin tasejaksoon tunnin sijaan. Pohjoismaiset

verkkoyhtiöt aikovat siirtyä varttiin yhtä aikaa ja lainsäädännön asettamassa aikataulussa vuonna 2020. (Fingrid 2018)

### 3.4 Varastointiratkaisut aurinkoenergiantuotannon tukena

Energian varastointi mahdollisuudet vaikuttavat merkittävästi uusiutuvien energialähteiden sähköntuotannon vakauteen. Varastointitarve tulee entistä tärkeämmäksi, kun uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön osuus kasvaa tulevaisuudessa. Varastointimahdollisuuksien tulee sopia nykypäivän ja huomisen tarpeisiin paikallisissa tai kansallisissa sähköverkoissa sekä taata vakaa verkko ja jopa sallia enemmän uusiutuvaa energiaa lähitulevaisuudessa. (Energysage.)

Varastointi tarkoittaa tällä hetkellä joko suuria akustoja tai aurinkovoiman avulla esimerkiksi vesimassojen liikuttamista myöhempää käyttöä varten. Pientalojen mittakaavassa varastointi on joko käyttöveden lämmittämistä tai huoneilman viilentämistä.

Kodin energian varastointiin käytetyt akut valmistetaan tyypillisesti kolmenlaisia kemikaaleja käyttäen: lyijyhappo, litiumioni ja suolavesi. Useimmissa tapauksissa litiumioniakut ovat paras vaihtoehto aurinkopaneelijärjestelmälle, mutta muut akut voivat olla edullisempia.

Lyijyhappoakut ovat testattua tekniikka, jota on käytetty verkon ulkopuolisissa energijärjestelmissä jo vuosikymmenien ajan. Vaikka niillä on suhteellisen lyhyt käyttöikä, ne ovat myös yksi edullisimmista vaihtoehdoista. Tyypillisesti lyijyhappoakkuja on käytetty autoissa, joissa akun painolla ei ole ollut suurta merkitystä. (Tahkokorpi 2016, 155-157)

Suurin osa uusista kodin energian varastointitekniikoista, käyttää jonkinlaista litiumakkutekniikkaa. Litiumakut ovat kevyempiä ja kooltaan pienempiä kuin lyijyakut. Niillä on myös korkeampi uudelleenlataus ja pidempi käyttöikä verrattuna lyijyakkuihin. Litiumakut ovat kuitenkin kalliimpia kuin muut vastaavat akut. Litiumakuissa tekniikka on kuitenkin uutta ja varmuutta niiden todellisesta käyttöiästä ei ole. (Tahkokorpi 2016, 159)

Tuula Laatikaisen kirjoittama artikkeli 16.6.2016 Tekniikka & Talous -lehdessä kertoo energiayhtiö Helenin käyttöönottamasta suuresta sähkövarastosta. Varasto sijaitsee Helsingin Suvilahdessa ja pystyy varastoimaan 600 kWh sähköä kerralla. Tekniikkana rakennus sisältää litium-ioni-titaani-oksidiakkukennoja. Helenin omien verkkosivujen mukaan varastoa käytetään tällä hetkellä verkon tasapainottamiseen ja päivittäin varastolla tuetaan 1000-2000 kWh sähkönkäytön huippuja, lataamalla akustot aurinkoenergialla.



Uusi tulokas akkumarkkinoille on suolavesiakku. Toisin kuin muut kodin energian varastointimahdollisuudet, suolavesiakut eivät sisällä raskasmetalleja, vaan akut toimivat suolavesielektrolyyttien avulla. Raskasmetalleja käyttävät akut on hävitettävä erikoisprosessien avulla, mutta suolavesiakku voidaan helposti kierrättää. Suolavesiakut ovat suhteellisen testamattomia, vaikka tekniikkaa onkin käytetty pienimuotoisesti jo pitkään. (Energysage.)

Tekniikka & Talous -lehden artikkelissa 2013 toimittaja Lehtola kertoo George Washingtonin yliopiston tutkijoiden saavutuksesta ensimmäisen toimivan ilmaa hyödyntävän sulasuola-akun valmistamisesta. Toisin kuin muut akut, uusia sulasuola-ilma-akkuja voidaan ladata uudelleen purkamisen jälkeen. Sulasuola-ilma-akku osoittautui kapasiteetiltaan suurimmaksi ladattavaksi akkutyypiksi. Akun haasteena on, että se vaatii toimiakseen korkean lämpötilan, nestemäinen tila vaatii aineen kuumentamista 700–800 asteeseen. Akku on ensimmäinen, jossa on käytetty katodina ilmaa nestemäisten aineiden sijaan. Aiemmin akuissa on käytetty rikkiä elektronien varastointiin. Happi on puolet kevyempää varastoitua elektronia kohden, ja sitä saadaan ilmaiseksi. Elektrolyytti puolestaan on nestemäinen. Elektrolyyttille on useita vaihtoehtoja: se voi olla esimerkiksi rautaa, hiiltä tai vanadiumbooridia. (Lehtola 2013.)

#### 4 LOHJAN KAUPUNGIN AURINKOENERGIAN NYKYTILANNE JA HAASTEET KÄYTTÖÖNOTOSSA JA YLLÄPIDOSSA

Kesällä tilojen viilentämiseen tarvittava jäähdytysenergian osuus on suuri. Kohde kaupungin rakennuskanta perustuu paljolti koulurakennuksista. Kouluissa rakennuksen käyttöaste on suurimman hyödyn aikana huono, koska rakennus on tyhjillään tai vajaalla käytöllä. Tämä on ehkä suurin haaste koskien aurinkoenergian käyttöä ja tulee ottaa huomioon mitoituksia laadittaessa.

Lohjalla uusimpaan koulurakennukseen on asennettu rakentamisen aikana aurinkopaneeleja jotka tuottavat sähköä koululaisten käyttöön. Lohjan vesilaitos on myös vedenpuhdistamolle asentanut aurinkopaneeleja. Investoinnit ovat tämän tutkimuksen kannalta kovin tuoreita, eikä laitteistojen toiminnasta ole vielä kertynyt kattavaa näyttöä.

Suomesta ei vielä löydy julkisia tietoja aurinkoenergian tuotannon kustannusten osalta joita voisi luotettavasti vertailla muiden tuotantotapojen kanssa. Kunnan päättäjille on kuitenkin tärkeä saada tieto investointien kannattavuudesta. Kuntien tulee arvioida investointejaan todellisten tuotantohintojen pohjalta (Auvinen 2016.) Investointien kannattavuudesta on edelleen epätietoisuutta. Monien ihmisten epätietoisuus järjestelmien hinnan laskusta ja tuottojen paranemisesta on jäänyt tiedottajilta uutisoida riittävällä tehokkuudella.

Investoinneissa haasteeksi koetaan mahdollisten tukien saatavuus ja hakemusprosessi. Epätietoisuus tarvittavasta huollosta sekä järjestelmien keskeytyksestä. Huolto kysymykseen voidaankin heti todeta kehityksen menneen eteenpäin ja markkinoilta löytyy paneeleja jotka ovat huoltovapaampia. Esimerkkinä bitumikatteeseen liimattavat paneelit tai lasien sisällä olevat järjestelmät.

## 5 TUTKIMUS

Seuraavat luvut käsittelevät tutkimuksessa käytettyjä menetelmiä. Kaupungin kohteista on nostettu esille sellaiset, joiden sähkön kulutus on suurta ja tuotto-odotus aurinkoenergialla on suuri eli kattopinta-alaa on riittävästi. Näitä kohteita lähestytään tapaustutkimuksen otteella. Investoinneista laaditaan esitetyt tarkastelut ja teemahaastattelulla otetaan kokemuksia kunnilta jotka ovat toteuttaneet hankkeita. Myös laitetoimittajia haastatellaan ja pyritään selvittämään aurinkoenergian hyötyjä heidän näkökulmastaan. Työpajoja järjestetään sekä koskien uudistuotantoa, että vanhojen kohteiden päivitys hankkeita.

### 5.1 Tutkimusmenetelmät

#### 5.1.1 Kiinteistöjen tietojen kerääminen

Työssä on osin tutkimusstrategiana tapaustutkimus (case study), jossa kohteena aurinkosähkövoimalat ja niiden hyödyt sekä mahdollisuudet Lohjan kaupungin kiinteistöissä. Aluksi laaditaan listaus kaupungin kohteista, joissa aurinkosähkö on mahdollinen. Kiinteistöjen tämänhetkinen sähkön kulutus selvitetään vuositasolla sekä kuukausittain. Näin saadaan tietoa siitä, minkä kokoluokan laitteistoa voidaan kuhunkin kohteeseen mitoitaa.

Kiinteistöjen kattomuodot ja materiaalit selvitetään, jotta arviointi eri tuotevalintojen osalta on mahdollista. Tässä kohtaa joudutaan varmasti pohtimaan paljolti sitä, mikä on kohdekohtaisesti järkevää ja mikä tuottavinta. Aurinkosähkön tuottamiseen on monia erilaisia järjestelmiä.

Kun kyse on case-tutkimuksesta, on se yleensä sekoitus laadullista ja määrällistä tutkimusta. (Kananen 2013, 54-58) Kiinteistöjen tietojen selvitystyö on osa määrällistä osuutta tutkimuksessa eli kvantitatiivista analyysia. Sen tarkoituksena on tuottaa laskennassa käytettäviä tilastollisia arvoja. Näiden arvojen löytäminen auttaa laskennan tulosten käsittelyä ja yleistämistä muihin kohteisiin. Aineiston kerääminen suoritetaan systemaattisen otannan menetelmänä. (Metsämuuronen 2009, 62) Tiedossa on kaupungin kiinteistöt ja niille on muodostettavissa tietoja sijainnista, sähkön kulu-

tuksesta, käyttöasteista, kattomateriaaleista sekä kattomuodoista ja katotokulmista. Kaikki edellä luetellut vaikuttavat osaltaan investointilaskennassa huomioon otaviin määreisiin.

Valli Raine (2015, 226-229) kuvaa hyvin aineiston muuttamista numeroiksi. Hän kertoo, että lähes kaiken kerätyn tiedon voi luvuiksi muuttaa, mutta esimerkiksi kyselystä muodostetun numeerisen aineiston analysoinnissa on oltava tarkka. Muutettaessa kysymysten jaottelua tai yhdistettäessä lukuja saatetaan helposti muuttaa tulosta ei oikeaan suuntaan. Vain saman aiheen kysymysten tuloksia voi yhdistää. (Valli, ym. 2015.) Kiinteistöjen tietoja kerätessä ja vertailtaessa tulee kiinnittää huomio ainakin käyttötarkeitukseen ja käyttöasteeseen, jotta mitoitus onnistuu.

### 5.1.2 Investointilaskennan menetelmät

Seuraavassa käydään läpi aurinkoenergiainvestoinnin kannattavuuden tarkasteluun käytettäviä laskennallisia menetelmiä ja niiden perusajatuksia. Investointia on tarkoitus vertailla kolmen menetelmän kautta, takaisinmaksuajan menetelmän, nettonykyarvomenetelmän sekä sisäisen korkokannan menetelmän avulla. Tutkimus otteena on määrällinen tutkimus, jossa teoriaa sovelletaan käytäntöön ja näistä saadaan tulokseksi lukuja ja määrällisiä arvoja.

Tässä tutkimustyössä investoinnilla tarkoitetaan aurinkoenergiaa hyväksi käytävien laitteiden hankintaa kunnan kiinteistöihin. Hankinnalla on tarkoitus pitkällä aikavälillä tuottaa tulosta ja rahallista säästöä kunnalle. Investointi sisältää osin aineellista ja aineetonta investointia. Aineellinen osuus muodostuu itse laitteistoista ja aineeton koroista sekä muista kuluista. Hankintaa voi luonnehtia korvausinvestoinniksi, koska kiinteistöjen tekniikkaa halutaan päivittää palvelemaan paremmin tulevaisuutta ja sillä pyritään syrjäyttämään verkkosähköä. (Järvenpää, Länsiluoto, Partanen ja Pellinen 2013, 373-375.)

Ensimmäisenä aurinkoenergiainvestointia tarkastellaan investoinnin takaisinmaksuajan menetelmässä, jossa verrataan hankintamenon ja nettotuottojen suhdetta. Laskennan pyrkimyksenä on selvittää aika, jonka kuluessa kertyy investoinnin verran tuottoja. Yksinkertaisuutensa vuoksi menetelmä on hyvin yleisesti käytössä ja antaa vähällä työllä oikeaa suuntaa investoinnin tarkasteluun. (Eklund ja Kekkonen 2016, 144.)

Menetelmä ei ota huomioon muuttuvaa taloustilannetta tai investointiin liittyviä muita kuluja. Takaisinmaksuajan menetelmässä tarkastelu suoritetaan vain hetkeen, jona hankintahinta on tuotolla saavutettu, joten se mitä tämän jälkeen tapahtuu ei ole merkityksellistä. Menetelmän avulla saadaan muita menetelmiä varten tieto tarvittavasta ajallisesta tarkasteluvälistä.

Esimerkissä 1 on pyritty selventämään laskukaavaa takaisinmaksuajan määrittämiselle. Vuosituoton rahallinen arvo on saatu kertomalla oletettu ostosähkön hinta, oletus tuotolla. Kuten jo edellisestä lauseestakin selviää, on laskelman oletuksien määrällä suuri merkitys tulokseen.

#### Esimerkki 1

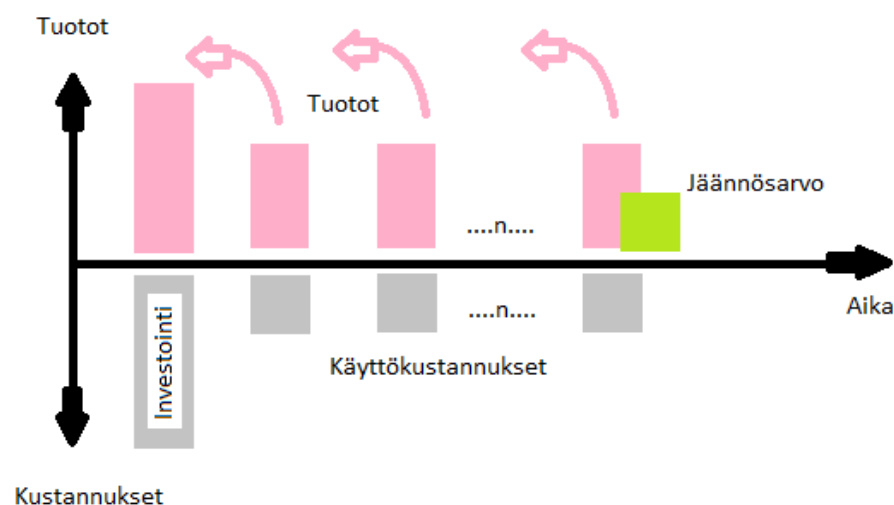
Hankintahinta	10 000 €
Vuosituotto	14 250 kWh/a
Sähkön hinta	0,14 €/kWh
Vuosituoton rahallinen arvo	1 995,00 €/a

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Vuosituoton rahallinen arvo}}$$

Takaisinmaksuajaksi saadaan noin 5 vuotta.

Koska esitetty laskelma ei huomioi mitenkään sähkön hinnan vaihteluita tai vuosittaisen tuoton vaihtelua, on tämän tarkastelun tulos vain suuntaa antava. Laskelman tarkka takaisinmaksuaika on 5,0125, joten seuraavaan tarkasteluun otetaan takaisinmaksuajaksi 6 vuotta.

Seuraava tarkastelutapa, suoritetaan käyttämällä nettonykyarvomenetelmää, jota on pyritty kuvaamaan kuvassa 15. Nettonykyarvomenetelmässä eri vuosina syntyvät tuotot ja menot diskontataan investointihetkeen, eli rahallista arvoa muunnetaan koron avulla nykyhetkeen. Korko siis selvittää sitä, kuinka paljon arvokkaampi hankinta on tänään kuin investoinnin tarkasteluajavälin päästä. Investoinnille määritellään aikaväli (n) jona sen tulisi maksaa itsensä takaisin. (Suomala, Manninen ja Lyly-Yrjänäinen 2011, 155)



Kuva 15. Investoinnin kuvaus.

Kuvan 15 ensimmäisen punaisen pylvään tulee olla suurempi tai yhtä suuri kuin investoinnin hinta on, jotta on kannattavaa lähteä hankkeeseen. Mikäli näin ei jostain syystä ole tulee investoinnin arvoja muuttaa ja kokeilla olisiko esimerkiksi toisen kokoluokan investointi kannattavampi.

Esimerkkiin 2 on esitetty laskelma samasta hankinnasta tarkasteltuna nettonykyarvomenetelmän kautta. Aurinkopaneelien vuosituotto oletetaan olevan kuuden vuoden ajan sama. Tähän laskelmaan on lisäksi oletettu mukaan kustannustason nousu eli laskentakorkokanta, jonka vuosittaiseksi suuruudeksi on oletettu 5 %. Laskentakorkokanta ilmaisee laskelmassa investoinnin tuottovaatimusta. Huoltokustannukset on myös pyritty arvioimaan laskennan tueksi. (Järvenpää ym. 2013, 379.)

#### Esimerkki 2

Investoinnin hinta	10000 €
Vuosituotto € oletetaan pysyvän samana vuosittain	1995 €
Arvioitu laskentakorkokanta	5 %
Huoltokustannukset vuodessa	1500 €

	Laskentakaava	Nettotuoton nykyarvo €
Vuosi 1	$1995/1,05$	1 882,08
Vuosi 2	$1995/1,05^2$	1 809,52
Vuosi 3	$1995/1,05^3$	1 723,36
Vuosi 4	$1995/1,05^4$	1 641,29
Vuosi 5	$1995/1,05^5$	1 563,13
Vuosi 6	$1995/1,05^6$	1 488,70
Yhteensä		10 108,08

Vuosien tulos summataan ja mahdollinen jäännösarvo lisätään tulokseen tarkasteluhetkellä. Esimerkissä ei jäännösarvoa huomioida, koska oletus on, että laitteistoa pidetään käyttöön loppuun asti. Investoinnin nettonykyarvo muodostuu, kun summasta vähennetään investoinnin hankintameno eli 10 000 €. Tarkastelun tulokseksi saadaan täten 108,08 € positiivinen tuotto. Investointi on laskennan mukaan kannattava, jos tulos on nolla tai suurempi. Kun vertaillaan investointivaihtoehtoja, kannattavimmaksi tulee investointi, jonka nettonykyarvo on suurin. (Eklund ja Kekkonen 2016, 139–143.)

Nettonykyarvomenetelmän avulla pystyy jo huomattavasti paremmin vertailemaan laitetoimittajien tarjouksia, kun tiedetään mitä hintaluokkaa sekä aurinkopaneelien tuottoa kukin toimittaja lupaa. Suomalainen, Manni-

sen ja Lyly-Yrjänäisen (2011, 156) mukaan on nettonykyarvo aina kannattavaa laskea ja he toteavat laskelman olevan teoreettisesti menetelmä jolla saadaan investoinnin kannattavuudesta oikein tulos.

Sisäisen korkokannan menetelmässä selvitetään tuottokorko, jota käyttämällä investoinnin nettonykyarvo olisi nolla. Jos sisäinen korkokanta on suurempi kuin laskentakorkokanta (eli tuottovaatimus), on investointi kannattava. Useita investointeja verrattaessa investoinnit asetetaan paremmuusjärjestykseen sisäisen korkokannan ja laskentakoron erotuksen perusteella. (Tapaninen 2015, 56.)

Esimerkissä 3 on esimerkin 2 laskelma käännetty niin, että kaava hakee laskentakoron, jolla laskelman tuotto on aikajaksolla 6 vuotta sama kuin hankintahinta.

### Esimerkki 3

Investoinnin hinta	10000 €
Vuosituotto € oletetaan pysyvän samana vuosittain	1995 €
Arvioitu laskentakorkokanta	X %
Huoltokustannukset vuodessa	1500 €

	Laskentakaava	Nettotuoton nykyarvo
Vuosi 1	$1995/x$	1 892,92
Vuosi 2	$1995/x^2$	1 796,06
Vuosi 3	$1995/x^3$	1 704,15
Vuosi 4	$1995/x^4$	1 616,95
Vuosi 5	$1995/x^5$	1 534,21
Vuosi 6	$1995/x^6$	1 455,71
Yhteensä		10 000,00
		X = 1,0539292

Lähtöarvot hankintahinnan ja tuoton suhteen oli esimerkeissä asetettu lähelle arvioitua korkokantaa, joten laskelman X on vain hieman suurempi kuin arvioitu. Tälle investoinnille tulee korkokannaksi 5,392 %, jotta nettotuoton nykyarvo olisi sama kuin hankintahinta. Sisäisen korkokannan menetelmää voidaan parhaiten käyttää, kun oletuksissa ei ole jäännösarvoa ja tuotto on oletettu vakioksi. Mikäli näin ei ole, tulee laskelmasta haasteellinen ja virheen mahdollisuus kasvaa. Tähän tutkimukseen tarkastelua voidaan käyttää osaan laskelmista. Joissain tarjouksissa oli laitteistojen jäännösarvo asetettu.

Kaikessa investointilaskennassa lähtöarvot vaihtelevat hankekohtaisesti. Investointiin liittyy aina asioita, joita ei voida mitata millään mittareilla tai arvioida luvuilla. Tämän tutkimuksen osalta lukuja löytyy yleensä ainakin seuraavista:

- kokonaiskustannukset
- tuotot ja kulut
- laskentakorkokanta
- investoinnin pitoaika
- jäännösarvo

Verratessa käytettäväksi valittuja investoinnin kannattavuus menetelmiä, huomataan, että takaisinmaksuajan menetelmä on hyvä investoinnille suorittaa niin aikaisessa vaiheessa kuin suinkin saa lähtöarvoja kasaan. Tällä menetelmällä saadaan suunta koko hankinnan suunnittelulle, kun jatketaan tarkempiin tarkasteluihin. Nettonykyarvomenetelmän ja sisäisen korkokannan menetelmän vertailu keskenään on hyvä suorittaa. Martikainen (2000, 28-31) on kirjassaan esittänyt esimerkkien kautta tällaisen vertailun kahdelle erilaiselle investoinnille. Hän toteaa myös nettonykyarvomenetelmän antavan aina oikean lopputuloksen, kun taas sisäisen korkokannan menetelmässä korko määräytyy investoinnin suuruuden mukaan. Nettonykyarvomenetelmän ottaessa huomioon investoitavan pääoman suuruuden. Vertailussa voittaja ei ole se hankinta joka kestää suurinta korkoa vaan se jonka nettonykyarvo on suurin.

Investointien kannattavuuteen ja muuhunkin yrityksen toiminnan keskeisiin seikkoihin löytää kattavan ohjeistuksen yritystulkki.fi sivustolta. Sivustolta löytyy myös valmis laskentaohjelma jolla voi tarkastella investoinnin kannattavuutta.

### 5.1.3 Teemahaastattelut tutkimusmenetelmänä

Haastattelu on paljon käytetty menetelmä, kun on tarkoitus kerätä tutkimukseen tietoa tutkittavasta aiheesta. Haastattelun muotoja on erilaisia, voidaan esimerkiksi suorittaa lomakepohjainen haastattelu, jossa kysymykset on laadittu etukäteen tai voidaan järjestää tilaisuuksia, jossa henkilöitä on kutsuttuna keskustelumutoiseen tilaisuuteen. Kyselylomakkeita voidaan toimittaa haastateltaville postitse, niitä voidaan välittää sähköpostin avulla tai jakaa työpaikoilla, riippuen siitä millaista otantaa halutaan vastaajista. (Hyvärinen, ym. 2017, 87,111.) Tähän tutkimukseen ei kuitenkaan kyselymuotoinen otanta ole sopiva, koska halutaan saada selville asiantuntijatietoa aiheesta.

Haastattelumuodoksi valikoitui teemahaastattelut. Ne toimivat hyvin laadullisessa tutkimusmenetelmässä ja niiden avulla saadaan työhön ihmisten kokemuksia ja mielipiteitä tutkittavan aiheen tuloksiin. Haastattelutekniikaksi valikoitui teemahaastattelussa puolistrukturoidut haastattelut eli

haastatteluissa käytettiin kysymyspohjaa apuna, jossa on ennalta suunniteltuja kysymyksiä, joita on teemaan liittyen kerätty. (Tuomi ja Sarajärvi 2013, 71)

Tutkimusmenetelmänä teemahaastattelut toimivat, kun haastateltavien näkökannat samaan tutkittavaan aiheeseen vaihtelee. Kysymyksiä voidaan haastattelun aikana muokata tai jättää kokonaan pois. On mahdollista myös ottaa lisäkysymyksiä, mikäli ne edesauttavat kommunikoinnin parempaa onnistumista haastattelun aikana. (Tuomi ja Sarajärvi 2013, 73.) Tällä muuntojoustavuudella eri yritysten asiantuntijoilta toivotaan kerättävän viimeisintä tietoa aurinkoenergiasta.

#### 5.1.4 Sisäinen kehittämistyöpaja tutkimusmenetelmänä

Lohjan kaupungilla on kevään 2018 aikana aloitettu suuren keskuskoulun urakan suunnittelu. Aurinkoenergiaa koskeva kehittämistyöpaja järjestetään kouluhankkeen suunnittelun aikana. Hankkeeseen on alun alkaenkin ollut tarkoitus sisällyttää aurinkoenergiaa ja tähän tutkimustyöhön otetaan osaksi myös tulevan kohteen ideointi.

Työpaja toiminta on tutkijan näkökulmasta saman kaltainen prosessi kuin ryhmähaastattelu tai ryhmäkeskustelu. Tilaisuuteen osallistuu hankkeeseen sidoksissa olevia henkilöitä ja heidän taustansa on erilaista. Työpajoissa käytävän keskustelun ja ideoinnin onnistuminen ei niinkään riipu tilaisuuden vetäjästä. Suurempi merkitys on sillä, kuinka innokkaasti osallistujat lähtevät ideointia yhdessä edistämään. Mikäli ryhmässä on epäileviä tai jopa vastahankaisia osallistujia voi tulos tilaisuudesta jäädä laimeaksi. (Hyvärinen, ym. 2017, 114.)

Kehittämistyöpajaa voisi kuvailla myös avoimen haastattelun kaltaiseksi, kuten Tuomi ja Sarajärvi (2013, 76-77) toteavat on avoimen haastattelun metodologia saman kaltainen kuin teemahaastattelunkin. Avoin haastattelu on heidän mukaansa myös sopivampi tilanteisiin joissa haastateltavalla ei välttämättä ole asiantuntijuutta aiheesta. Tämä seikka on pidettävä tilaisuudessa hyvin mielessä. Kaikille osallistujille on kuitenkin kerrottava perustietoja jotka rytmittävät ja antavat joitain raameja ideoinnille. Tilanne, jossa osaan ottajien uusia ideoita tulee paljon, mutta ne joudutaan ns. lyömään alas teorialla, on epätoivottavaa.

## 5.2 Tutkimusosien toteutuminen

Tässä luvussa käsitellään edellisen luvun teorioiden mukaisten tutkimusotteiden toteutumista. Ensin kuvataan, miten investointilaskelmien lähtötietoja kerättiin ja millä periaattein niitä käytetään laskelmissa hyväksi. Haastattelujen ja työpajojen teemoja käydään läpi.



### 5.2.1 Periaatteet kiinteistöjen valintaan

Kunnan kohteita oli kaikkiaan noin 70 kpl joiden tietoja sähkön kulutuksen sekä mahdollisen sähköntuoton osalta selvitettiin. Kiinteistöjen sähkönkulutustiedot saatiin suoraan kiinteistötietojärjestelmästä. Mahdollinen tuotto arvioitiin ensin käyttäen hyväksi Internetissä olevia paneelientarvelaskentaohjelmia.

Sähkön käytön perusteella tarkempaan tarkasteluun otettiin 24 kohdetta, joille laskettiin eri tuottajien tuotteilla investoinnin kannattavuuslaskelmia. Kohteet valikoituivat puhtaasti suurimman kulutuksen mukaan. Tähän karsintaan vaikutti se, että mikäli kohde käytti vähän sähköä, oli se myös muilta mittasuhteilta pieni kiinteistö. Tällaisen kiinteistön varustaminen aurinkosähkön tuottajaksi on lähtökohtaisesti kannattamattomampaa, kun takaisinmaksuajat pitenevät.

Tarkastelussa huomioitiin kiinteistöjen kattomuotoja ja kattojen kuntoa. Kuvassa 16 on kohde, jonka tasakattoinen osuus sopii lähes kaikkien aurinkoenergia tuotteiden käyttämiseen. Tasakattoisuus on kiinteistöissä hyvä piirre, sen ansioista paneelien suuntauksia on helppo muuntaa haluttuun suuntaan tai kallistuskulmaan. Varjostuksia tällaiseen kohteeseen tulee vähemmän, yleensä vain hormeista.



Kuva 16. Tasakattoa koulukiinteistössä

Kaikkiaan kunnan kiinteistöissä oli mukana 24 koulua, 14 päiväkotia ja 5 palveluasumista tarjoavaa yksikköä. Kirjastoja, paloasemia sekä tuotantokeittiö olivat merkittäviä tarkastelukohteita. Lähes kaikki koulut ovat mukana 24 kohteen luettelossa. Yksi suuri energian käyttäjä on kaupungin-talo, jonka kattomuodon näkee seuraavasta kuvasta 17.



Kuva 17. Kaupungintalo investointikohteena

Kaupungintalon vuosittainen sähkönkulutus on luokkaa 390 000 kWh. Rakennus on varustettu vain ilmanvaihdolla jossa ei ole jäähdytystä mukana ja järjestelmät vaatisivat päivittämistä. Rakennuksen ristimäinen muoto ja lukuisiin eri suuntiin kääntyvät lappeet antavat aurinkoenergian hyväksi paljon suotuisia mahdollisuuksia.

Suurimpiin kohteisiin lukeutuu terveysasema, jonka yhteydessä on paljon erilaista toimintaa. Kohteen kulutus on 800 000 kWh vuodessa, mutta kiinteistön ollessa ainakin osin suojeltu voi vastaan tulla ongelmia hyväksyttää laitteistoja rakennukseen.

### 5.2.2 Haastattelujen teemat ja toteutus

Tutkimuksen tavoitteena oli haastattelujen avulla saada viimeisin tieto käytettävissä olevasta tekniikasta sekä investointimalleista. Haastattelujen teemat muotoutuivat pitkälti tarjoajan toimitussisältöjen mukaan. Aurinkosähkö tai aurinkoenergia yleensä ei ole hankinnoissa uusi ilmiö. Aurinkoenergiasta on jo nykyisissä hankesissä ollut määreitä ja yhdestä tarjouslaskentaan menevästä kouluhankkeesta on otettu tutkimukseen kohteellinen tarjouskohde.

Teemahaastatteluun oli teemoja kerätty tutkittavan aiheen tiimoilta ja haastateltavalle esitettävät kysymykset oli siis osin laadittu etukäteen. Kysymyksiä pystyi ja tulikin muokata haastattelun aikana haastateltavien henkilöiden mukaan. (Oppariapu.) Pääaiheet kysymyspohjassa järjestelmien toimittajille olivat seuraavan laisia:

- Mielipide Suomen markkinoista nykyhetkessä
- Onko aurinkoenergialla tulevaisuutta
- Omien tuotteiden tarjonta
- Takuu ja tuotto
- Sopimus mallit joita voidaan tarjota
- Tulevaisuus

Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina, eli ns. face-to-face. Menetelmä on hieman työläämpi kuin ryhmän haastattelu, mutta tulokseksi halutaan luotettavampaa tietoa ja sitä saadaan, kun haastateltavat voivat avoimemmin puhua vain omasta kohteestaan tai tuotteestaan. (Kananen 2013, 97) Kuten Hyvärinen (2017, 22) teoksessaan toteaa, on hyvä antaa haastateltavan painottaa keskustelussa asioita, joita hän katsoo tärkeiksi.

Työssä haastatellaan kolmea aurinkoenergia laitetoimittajaa ja kaikkien tuotteiden hyvät puolet pyritään selvittämään. Pyritään löytämään vastauksia mm. mitä kyseiset tuotteet antavat ja mikä on kustannus. Millaisia palveluita yritys tarjoaa ja mitä kokemuksia on tullut vastaan. Teemahaastattelun ideana ei ole käydä kysymyksiä läpi mekaanisesti vaan pyrkimys on saada haastattelusta kumpuileva, kehittävä ja uusia ideoita tuottava.

Lisäksi haastatellaan kahden kunnan edustajia, jotka ovat toteuttaneet aurinkosähkö hankkeita omiin kuntiin. Näiden haastattelujen tavoitteena oli saada kokemuksia aurinkoenergiasta, sen hyödyistä ja haitoista. Pääaiheet kysymyspohjassa verrokkikunnille olivat seuraavan laisia:

- Miten ovat hyödyntäneet aurinkoenergiaa
- Sopimusmallien käyttö
- Kokemukset tuotosta ja hyödystä
- Laajentavatko aurinkoenergian käyttöä

Molemmissa haastatteluryhmissä on vahvasti esillä asiantuntijahaastattelun ominaispiirteet. Haastateltavana on henkilö, jolla on parempi tieto asiasta kuin haastattelijalla. Asiantuntijuus haastateltavalle muodostuu, sillä oletuksella, että hän omaa tutkittavasta aiheesta parhaan tiedon omassa kohteessaan tai edustamansa tuotteen osalta. Asiantuntijuus ei siis tarkoita sitä, että henkilö tietäisi tutkimusaiheesta kaiken mahdollisen. (Hyvärinen, Nikander ja Ruusuvuori 2017, 214-216.)

### 5.2.3 Työpajan toteutus

Työpaja järjestettiin 25.4.2018. Pääteemana oli käydä kouluhankkeen suunnitelmia läpi sekä miettiä kohteita joissa voidaan aurinkoenergiaa hyödyntää. Urakoitsijan kanssa pidetyssä kehitys- ja suunnitteluryhmässä, jossa yhtenä osana oli uusiutuva energia, annettiin lähtötietoja aurinkoenergian hyödyntämiseksi. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus perustuu paneeleille käytettävissä olevaan pinta-alaan ja kohteen sähkön kulutukseen. Aurinkovoimaloiden elementtejä ovat paneelit ja invertteri eli vaihtosuuntaaja. On selvitetävä, millaisia tiloja järjestelmille on käytettävissä ja arvioitava tulevaa sähkön kulutusta.

Työpajaan osallistuu hankkeeseen ryhtyvän edustajia, koulun tulevien opettajien edustaja sekä urakoitsija ja heidän suunnittelutiimi. Työpajan tavoitteena oli ideoida erilaisia tapoja hyödyntää aurinkoenergiaa tässä kohteessa. Työpajassa keskusteltiin suunnitelmissa esitetyn yhdyskäyt-

vän hyödyntämisestä tähän tarkoitukseen. Uusi koulu on rakentumassa ai-  
van olemassa olevan toisen koulun kylkeen ja rakennukset on ajateltu yh-  
distää lasimaisella käytävällä, joka on osa koululaisten ruokalaa. Lasipinta-  
alansa puolesta tähän osaan rakennusta, ajatuksena tuli selvittää mitä hin-  
taluokkaa järjestelmät ovat jotka hyödyntävät lasin sisään integrointia.  
Keskusteltiin tuotettavan energian hyödyntämistä tilan jäähdyttämiseen  
kesäaikana.

Hankkeen osalta suunnittelijat määrittivät sen hetkistä suunnitelmista  
pinta-alatietoja kattojen osalta. Kattomuodot rakennuksen eri osissa vaih-  
teli suuresti ja keskustelussa päädyttiin tarkastelemaan ainoastaan tasa-  
kattoisten osuuskien alaa. Suunnitelmista saatiin noin 1 500 m<sup>2</sup> suuruinen  
ala johon pystyisi mitoittamaan laitteistoja.

Piha-alueilla aurinkoenergiaa voisi keskustelun pohjalta ajatella myös eri-  
laisten katosten rakenteisiin. Pihoille on tulossa ainakin pyörille tarkoitet-  
tuja suojia ja parkkialuetta voisi myös osin ajatella katettavan. Näihin seik-  
koihin ei enempää pystytty ottamaan kantaa, kun suunnittelu ei vielä pi-  
hojen osalta ollut riittävän pitkällä.

Toinen työpaja koostui lähes valmiin työn esittelystä Lohjan kaupungin pal-  
velutuotantolautakunnalle, jolla on tulevaisuudessa päätösvalta linjauksen  
tekemisessä, hankitaanko kiinteistöihin aurinkoenergiaa vai ei. Asia esitel-  
tiin lautakunnan kokouksessa 30.5.2018 seminaarina ennen kokouksen al-  
kua.

### 5.3 Tutkimusten tulokset

#### 5.3.1 Investointilaskelmat kolmen menetelmän kautta

Ensimmäinen investoinnin kannattavuuslaskelma suoritettiin 24 kohteen  
aurinkopaneeli hankinnalle. Tarkastelussa on selvitetty, että jokaiseen  
kohteeseen on mahdollisuus asentaa samanlainen laitteisto ja että kysei-  
nen laitteisto on tuotoltaan sellainen, ettei muodostu sähkön ylituottoa.  
Paneelimäärinä käytettiin lisäksi kolmen eri kokoluokan järjestelmiä ja sa-  
man laitetoimittajan hintoja, asennettuna kohteeseen. Paneelien määrä  
vaikutti tässä tarjouksessa yhden paneelin hinnan muodostumiseen. Vaihtelu-  
väli oli suurimman ja pienimmän järjestelmän välillä 70 €/kpl. Järjestel-  
mille luvattu vuosittainen tuotto on myös suoraan saman laitetoimittajan  
ilmoittama tieto, odotetusta tuotosta. Ostosähkön hinta on hinta, johon  
sisältyy sähköyhtiön siirtomaksu, energiamaksu sekä sähköstä maksettava  
vero. Näillä tiedoilla on saatu tutkimushetken hintatieto Läntisen Uuden-  
maan alueella eli keskimäärin noin 12,4 senttiä/kWh. Laitetoimittajan il-  
moittama oletettu vuosituotto kerrotaan suoraan tällä sähkön hinnalla ja  
saadaan vuosituoton rahallinen arvo laskelmiin.

Investoinnin takaisinmaksuajan menetelmää sovellettiin näihin hankintoihin seuraavasti:

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Vuosituoton rahallinen arvo}}$$

#### Pieni

Järjestelmien tuotto vuodessa	165 926 kWh	
Järjestelmien hankintahinta	348 480 €	
Takaisinmaksuaika kun sähkön hinta 12,4 senttiä/kWh		<u>17 vuotta</u>

#### Keskikokoinen

Järjestelmien tuotto vuodessa	226 261 kWh	
Järjestelmien hankintahinta	449 280 €	
Takaisinmaksuaika kun sähkön hinta 12,4 senttiä/kWh		<u>16 vuotta</u>

#### Suuri

Järjestelmien tuotto vuodessa	342 000 kWh	
Järjestelmien hankintahinta	538 080 €	
Takaisinmaksuaika kun sähkön hinta 12,4 senttiä/kWh		<u>13 vuotta</u>

Tarkastelu takaisinmaksuajan menetelmällä tarkoitti ajanjakson selvittämistä, milloin ostohinta katetaan vuosittaisilla tuotoilla. Tarkasteltaessa laitteistoja ja nyt tarkemmin aurinkopaneeleja tuoton ja hinnan suhteen oli odotettavissakin, että suurempi laitteistokoko pystyy kattamaan kuluja nopeammin takaisin kuin pienempi laitteisto. Tarkastelulla saatiin selville nopeinten kustannukset takaisin maksava järjestelmä, joka tosin osoittautuu myös kalleimmaksi.

Aurinkoenergiajärjestelmillä on haasteellista päästä alle 10 vuoden takaisinmaksuaikoihin, mutta esimerkiksi jos edellisen laskelman suurimpaan järjestelmähankintaan saisi valtion investointitukea 25 % hankintahinnasta, muuttuisi takaisinmaksuaika hieman reiluun 9 vuoteen seuraavasti:

#### Suuri

Järjestelmien tuotto vuodessa	342 000 kWh	
Järjestelmien hankintahinta - saatava tuki 25 %	403 560 €	
Takaisinmaksuaika kun sähkön hinta 12,4 senttiä/kWh		<u>9,5 vuotta</u>

Seuraavaksi viedään samat kolme hankintaa Excel-taulukkolaskenta-pohjalle laadittuun taulukkoon 3, jolla on tarkoitus tarkastella investointia nettonykyarvomenetelmän avulla. Nettonykyarvomenetelmässä investoinnin kannattavuus tarkasteluun otetaan mukaan enemmän muuttujia. Järjestelmien hankintahintana eli perusinvestointina on sama tarjous kuin takaisinmaksuajan tarkastelussakin, sen avulla taulukkoon tulee myös vuosittain odotettu nettotuotto eli vuosituoton rahallinen arvo. Perusinvestointi esitetään laskelman nolla vuoteen negatiivisena kertakuluna. Tähän

tarkasteluun valitaan myös pitoaika takaisinmaksuajan tarkastelun pisimmän maksuajan mukaisena eli 17 vuotta, joka saatiin pienimmän laitekoon mukaisesta laskelmasta.

Muita oletuksia laskelmassa ovat laitteiston tuoton pysyminen samalla tasolla vielä vuonna 17 sekä ostosähkön hintatason nousu 3 % vuodessa. Normaalisti paneelitoimittajat ilmoittavat tuotteidensa tuottavan vuosittain hieman vähemmän ja tyypillinen tuottolasku on alle 0,5 % vuodessa. Lisäksi katsottiin tarpeelliseksi lisätä laskelmaan laitteistojen vuosittaisesta huollosta aiheutuva kustannus, joka arvioitiin noin 4 000 € suuruiseksi. Laitteistoille arvioitiin jäännösarvoksi 50 % perusinvestoinnista vuonna 17. Jaksollisille maksuille diskonttaustekijänä on käytetty 1 %, jonka avulla tuottojen ja kustannusten nykyarvot voidaan laskea. Laskelma on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Investointien tarkastelu nettonykyarvomenetelmän avulla

<b>Suuri</b>							
	Vuosi 0	Vuosi 1	Vuosi 2 ->	Vuosi 15	Vuosi 16	Vuosi 17	Yhteensä
Perusinvestointi	-538 080						-538 080
Jäännösarvo noin 50 %						269 040	269 040
Tuotot hinnannousu vuosittain 3 %, oletus ettei paneelin tuotto vielä 10 vuodessa pienene merkittävästi		42 408	43 680	64 146	66 070	68 052	922 865
Kustannukset huolto		-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-68 000
Nettotuotto	-538 080	38 408	39 680	60 146	62 070	333 092	585 825
Nettotuoton nykyarvo 1%	-538 080	38 028	38 898	51 807	52 935	54 084	238 559
<b>Keskikoko</b>							
	Vuosi 0	Vuosi 1	Vuosi 2 ->	Vuosi 15	Vuosi 16	Vuosi 17	Yhteensä
Perusinvestointi	-449 280						-449 280
Jäännösarvo noin 50 %						224 640	224 640
Tuotot hinnannousu vuosittain 3 %, oletus ettei paneelin tuotto vielä 10 vuodessa pienene merkittävästi		28 056	28 898	42 438	43 711	45 022	610 551
Kustannukset huolto		-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-68 000
Nettotuotto	-449 280	24 056	24 898	38 438	39 711	265 662	317 911
Nettotuoton nykyarvo 1%	-449 280	23 818	24 407	33 108	33 866	34 638	43 464
<b>Pieni</b>							
	Vuosi 0	Vuosi 1	Vuosi 2 ->	Vuosi 15	Vuosi 16	Vuosi 17	Yhteensä
Perusinvestointi	-348 480						-348 480
Jäännösarvo noin 50 %						174 240	174 240
Tuotot hinnannousu vuosittain 3 %, oletus ettei paneelin tuotto vielä 10 vuodessa pienene merkittävästi		20 575	21 192	31 121	32 055	33 017	447 741
Kustannukset huolto		-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-68 000
Nettotuotto	-348 480	16 575	17 192	27 121	28 055	203 257	205 501
Nettotuoton nykyarvo 1%	-348 480	16 411	16 853	23 361	23 926	24 501	-3 731

Pienimmälläkin investoinnilla päästään seitsemäntoista vuoden tarkasteluvälillä lähes plussan puolelle, mutta kun tulos on negatiivinen nettonykyarvon kohdalla, on tämä investointi tarkastelun mukaan kannattamaton. Vaihtoehto jossa on käytössä suurin tarjottu laitteistokoko, on tarkastelun mukaan selvästi edullisin valinta.

Sama investointi tarkastellaan seuraavaksi samoilla lähtötiedoilla sisäisen korkokannan menetelmän avulla. Sisäisen korkokannan menetelmässä selvitetään korkokanta, jota käyttämällä nettonykyarvo saa tulokseksi investoinnin hankintahinnan eli erotus on nolla tarkasteluhetkellä vuonna

17.Taulukko-ohjelmasta löytyy toiminto jolla kyseisen muuttujan voi selvittää tai sen voi kokeilemalla määrittää.

Taulukko 4. Investointien tarkastelu sisäisen korkokannan menetelmän avulla

<b>Suuri</b>							
	Vuosi 0	Vuosi 1	Vuosi 2 ->	Vuosi 15	Vuosi 16	Vuosi 17	Yhteensä
Perusinvestointi	-538 080						-538 080
Jäännösarvo noin 50 %						269040	269 040
Tuotot hinnannousu vuosittain 3 %, oletus ettei paneelin tuotto pienene merkittävästi		42 408	43 680	64 146	66 070	68 052	922 865
Kustannukset huolto		-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-68 000
Nettotuotto	-538 080	38 408	39 680	60 146	62 070	333 092	585 825
Nettotuoton nykyarvo X%	-538 080	36 515	35 865	28 182	27 650	27 127	0
						kun X =	5,1839
<b>Keskikoko</b>							
	Vuosi 0	Vuosi 1	Vuosi 2 ->	Vuosi 15	Vuosi 16	Vuosi 17	Yhteensä
Perusinvestointi	-449 280						-449 280
Jäännösarvo noin 50 %						224640	224 640
Tuotot hinnannousu vuosittain 3 %, oletus ettei paneelin tuotto pienene merkittävästi		28 056	28 898	42 438	43 711	45 022	610 551
Kustannukset huolto		-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-68 000
Nettotuotto	-449 280	24 056	24 898	38 438	39 711	265 662	317 911
Nettotuoton nykyarvo X%	-449 280	23 586	23 935	28 591	28 961	29 333	0
						kun X =	1,99257
<b>Pieni</b>							
	Vuosi 0	Vuosi 1	Vuosi 2 ->	Vuosi 15	Vuosi 16	Vuosi 17	Yhteensä
Perusinvestointi	-348 480						-348 480
Jäännösarvo noin 50 %						174240	174 240
Tuotot hinnannousu vuosittain 3 %, oletus ettei paneelin tuotto pienene merkittävästi		20 575	21 192	31 121	32 055	33 017	447 741
Kustannukset huolto		-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-4 000	-68 000
Nettotuotto	-348 480	16 575	17 192	27 121	28 055	29 017	205 501
Nettotuoton nykyarvo X%	-348 480	16 429	16 891	23 757	24 358	24 972	0
						kun X =	0,88695

Sisäisen korkokannan menetelmällä vaihtoehto suurimmalla järjestelmällä on selvästi edullisin, sillä sen sisäinen korkokanta on yli kolme prosenttiyksikköä suurempi kuin keskikokoisen hankinnan sisäinen korkokanta.

### 5.3.2 Investointien tarkastelu eri sopimusmalleilla

Edellisen luvun tarkastelujen perusteella lähdetään tarkemmin tutkimaan suurimman laitekoon tuomaa investoinnin tuottoa ja takaisinmaksuaikaa. Ensimmäiseksi on taulukkoon 5 kerätty tiedot perustuen 24 kohteen varustamisesta aurinkopaneeleihin. Järjestelmän investointihintana on tässä laskelmassa käytetty 2 €/kWh oletettua tuottoa kohden. Tämä hinta sisältää laitteiston, asennuksen sekä verot.

Ostettavan sähkön hinnan nousussa käytetään 2 %. Tähän arvioon päästiin tutkimalla Spot -tuntihintoja, sähkön siirtohintojen kehitystä sekä verotuksen tasoa palvelun: <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot> kautta. Verkkoon syötetystä sähköstä korvausta maksaa muutama sähköyhtiö ja tämäkin hinta sidotaan Spot -tuntihintoihin. Keskiarvoksi pelkän sähkön hinnaksi saadaan vertailussa 3 senttiä/kWh.

Paneelien tuotannon lasku 0,5 %/vuosi on keskiarvo laitetoimittajien ilmoittamista paneelien tuotannon laskuista vuositasolla. Tällä lisäyksellä saadaan varmuutta laskelman paikkansapitävyyteen. Paneeleille on 20 vuoden käyttöajan jälkeen arvioitu jäännösarvona 30 % investointihinnasta. Aurinkoenergia on kuitenkin hankintana lähes aina pidemmän aikavälin investointi ja laitteisto on käytännössä käytössä niin pitkään kuin se jotain tuottaa. Laskelmassa on myös arvioitu, ettei koko tuottoa pystytä käyttämään kiinteistön omassa sähkönkulutuksessa vaan siitä siirtyy verkkoon noin 13 % vuodessa.

Investointiin käytettävän lainan korkotasoa on kunnalle tällä hetkellä erittäin edullinen. Laskelmassa on korkona käytetty 0,5 %, jonka mukaan korkokulut vuositasolla ovat niin pienet, ettei niiden vaikutus laskelmassa ole kovinkaan suuri.

Taulukko 5. Aurinkopaneelien hankinta 24 kohteeseen

AURINKOPANEELI		Vuosi	Investointia jäljellä-jäännösarvo	Investointia jäljellä	Vuosituotto	Korko	Järjestelmän jäännösarvo
Järjestelmän koko kilowateissa	273,60	1	376 656	538 080	38 420	2 690	161424
Järjestelmän hankintahinta euroissa	538 080	2	340 926	502 350	38 992	2 512	161424
Sähkön hinnannousu vuodessa prosenteina	2,00	3	304 446	465 870	39 573	2 329	161424
Korkokustannusprosentti	0,50	4	267 202	428 626	40 163	2 143	161424
Vuosituotto per 1 kilowatti	1250,00	5	229 182	390 606	40 761	1 953	161424
Ostosähkön hinta senttiä per kilowattitunti	12,40	6	190 374	351 798	41 369	1 759	161424
Verkkoon syötetyn sähkön hinta senttiä per kilowattitunti	3,00	7	150 764	312 188	41 985	1 561	161424
Tuotannosta itse käytettävä osuus prosenteina	87,00	8	110 340	271 764	42 611	1 359	161424
Tuotantoteho laskee vuodessa prosenteina	0,50	9	69 088	230 512	43 246	1 153	161424
		10	26 996	188 419	43 890	942	161424
		11	-15 953	145 471	44 544	727	161424
		12	-59 770	101 654	45 208	508	161424
Vuosituotanto kilowattitunteina	342 000	13	-104 469	56 955	45 881	285	161424
Vuosituotanto vuonna 1 euroissa	38 420	14	-150 066	11 358	46 565	57	161424
Järjestelmän jäännösarvoprosentti vuonna N	0,30	15	-196 574	-35 150	47 259	-176	161424
		16	-244 008	-82 584	47 963	-413	161424
		17	-292 384	-130 960	48 678	-655	161424
		18	-341 716	-180 292	49 403	-901	161424
		19	-392 021	-230 597	50 139	-1 153	161424
		20	-443 313	-281 889	50 886	-1 409	161424
					294 327		

Laskelmalla saatiin selville, kuinka suuri merkitys laitteiston jäännösarvolla on laskelmissa. Suurimman paneelihankinnan takaisinmaksuaika lyhenee vielä kahdella vuodella, kun verrataan edellisissä laskelmissa laskettua takaisinmaksuajan menetelmän tulosta, joka oli 13 vuotta. Tällä taulukolla voidaan selvittää millaisia vaikutuksia hinnan nousuilla sekä korkotason muutoksilla on investointilaskelmissa. Taulukon avulla voidaan myös simuloida tarkemmin sähkön käytön ja myynnin osuuden vaikutuksia.

Tuotetun sähkön käyttöarvo tai sen myyntiarvo ovat tämän tutkimuksen tärkeimpiä seurantakohteita. Hankittavat järjestelmät mitoitetaan koko vuoden kulutuksen mukaan, joten kun kunnan kiinteistöistä useampi on sellaisia rakennuksia joita ei käytetä kesäaikaan, seuraa siitä sähkön ylituotantoa ja myyntiä, mikäli järjestelmä on mitoitettu väärin. Kokeiluna suoritettiin edellinen laskelma asettamalla tuotannosta itse käytettäväksi osuudeksi 70 %, jolloin investoinnin takaisinmaksuaika oli sama kuin alustavan takaisinmaksuaika tarkastelun mukainen 13 vuotta oli.



Seuraavaksi tutkittiin yhden koulukiinteistön investoinnin kannattavuutta. Kohteeksi valittiin koulu, jonka katto soveltui useamman eri toimittajan tuotteelle. Kohteen vuosittainen sähkön kulutus on noin 535 000 kWh ja järjestelmän tuotto mitoitetaan suositusten mukaan 20 % tästä eli 107 000 kWh. Toimittajasta riippuen paneelien määrä ja tehokkuudet hieman vaihtelevat, joten keskiarvo tuotolle saatiin 99 750 kWh vuodessa eli noin 18 % todellisesta kulutuksesta. Investoinnin takaisinmaksu tarkastelulla saadaan järjestelmän takaisinmaksuajaksi:

Järjestelmien tuotto vuodessa	99 750 kWh
Järjestelmien hankintahinta	156 940 €
Takaisinmaksuaika kun sähkön hinta 12,4 senttiä/kWh	<u>12,7 vuotta</u>

Samaa taulukkopohjaa käyttäen kuin edellä taulukossa 5, on investointia tarkasteltu tarkemmin. Nyt oletuksena on, ettei tuotettua sähköä myydä lainkaan, koska tuotto-odotus on mitoitettu todellinen käyttö huomioiden. Muut lähtöarvot on pidetty samoina.

Taulukko 6. Koulukohteen suorainvestointi

AURINKOPANEELI			Investointia jäljellä- jäännösarvo	Investointia jäljellä	Vuosituotto	Korko	Järjestelmän jäännösarvo
		Vuosi					
Järjestelmän koko kilowateissa	79,80	1	109 858	156 940	12 431	785	47082
Järjestelmän hankintahinta euroissa	156 940	2	98 212	145 294	12 616	726	47082
Sähkön hinnannousu vuodessa prosenteina	2,00	3	86 322	133 404	12 804	667	47082
Korkokustannusprosentti	0,50	4	74 185	121 267	12 995	606	47082
Vuosituotto per 1 kilowatti	1250,00	5	61 797	108 879	13 188	544	47082
Ostosähkön hinta senttiä per kilowattitunti	12,40	6	49 153	96 235	13 385	481	47082
Verkkoon syötetyn sähkön hinta senttiä per kilowattitunti	3,00	7	36 249	83 331	13 584	417	47082
Tuotannosta itse käytettävä osuus prosenteina	100,00	8	23 081	70 163	13 787	351	47082
Tuotantoteho laskee vuodessa prosenteina	0,50	9	9 645	56 727	13 992	284	47082
		10	-4 063	43 019	14 201	215	47082
		11	-18 049	29 033	14 412	145	47082
Vuosituotanto kilowattitunteina	99 750	12	-32 316	14 766	14 627	74	47082
Vuosituotanto vuonna 1 euroissa	12 431	13	-46 869	213	14 845	1	47082
		14	-61 713	-14 631	15 066	-73	47082
Järjestelmän jäännösarvoprosentti vuonna N	0,30	15	-76 853	-29 771	15 291	-149	47082
		16	-92 292	-45 210	15 518	-226	47082
		17	-108 037	-60 955	15 750	-305	47082
		18	-124 091	-77 009	15 984	-385	47082
		19	-140 461	-93 379	16 223	-467	47082
		20	-157 150	-110 068	16 464	-550	47082
					110 296		

Investointi tuottaa taulukon 6 mukaan itsensä takaisin 13 vuodessa kuten jo todettiin, mutta aika lyhenee, mikäli huomioidaan laitteiston jäännösarvo 30 %. 20 vuoden tarkasteluvälillä laitteisto tuottaa noin 15 000 € vuodessa säästöä sähkömaksuissa, hetkestä jona se on maksanut investointikustannukset takaisin. Kokonaiskustannukseksi investoinnille tulee 20 vuodessa noin 162 000 € kun investointihintaan lisätään korkokulut.

Laskelman mukainen investointi on kannattava, koska tarkasteluvälillä laitteisto ei vain maksa itseään takaisin vaan se voi tuottaa jopa 70 % säästöjä.

Seuraavaksi samalle koulukohteelle suoritettiin laskelma käyttäen laitetoimittajien tarjoamaa leasingisopimusta. Tässä sopimustarkastelussa on lähökohdaksi annettu 20 vuoden sopimusajanjakso. Laitetoimittaja asentaa

laitteiston kohteeseen ja huolehtii siitä sopimusajan. Kunta maksaa toimittajalle sovittua hintaa tuotetusta sähköstä (9 senttiä/kWh) ja mikäli kunnan oma tarve on pienempi ei ylituotosta makseta vaan toimittaja ohjaa sen yleiseen verkkoon.

Laskelmassa on oletettu vuosikulutus olevan vuosittain sama eli 535 454 kWh, kulutus on keskiarvo kohteen neljän edellisen vuoden kulutuksista. Sähkön hinta vuodessa 66 396 €, kun hintana käytetään 12,4 senttiä/kWh ja kaikki sähkö otetaan verkosta. Paneeleilla tuotettu sähköä 99 750 kWh vuodessa, joten ostosähköä tarvitaan enää 435704 kWh jonka arvo on 4027 €. Hintojen erotus on 12369 € josta vähennetään laitetoimittajalle maksettava tuotetun sähkön mukaan 9 senttiä/kWh eli 8 978 € ja säästöksi tulee täten 3 391 €. Tähän laskentaan lisätään vuosittain ostosähkön hinnannousu sekä laitteiston tuoton vähentyminen 0,5 % vuosittain.

Sopimusajan umpeuduttua laitteisto siirtyy kunnan omistukseen. Sopimukseen on annettu järjestelmän suora hankintahinta 199 500 €. Tässä kohtaa voidaan todeta, että osa toimittajista veloittaa sopimusajan jälkeen laitteistosta jäännösarvon. Mikäli jäännösarvoa on sopimuksessa edellytetty, vaikuttaa se muuhunkin tarkastelun hinnoitteluun ja yleensä sopimuksen keston. Taulukossa 7 on esitys investoinnin tuomista säästöistä, kun laitteistolle ei ole määritelty jäännösarvoa.

Taulukko 7. Koulukohteen investointi leasing sopimuksella

LAITETOIMITTAJA		Vuosi	Säästö käytetyssä sähkössä	Vuosimaksu ostettu sähkö	Vuosimaksu tuotetusta
Järjestelmän koko kilowateissa	79,80	1	3 392	54 027	8 978
Järjestelmän hankintahinta euroissa (suora osto)	199 500	2	3 442	55 171	9 111
Osto sähkön hinnannousu vuodessa %	2,00	3	3 493	56 338	9 247
Korkokustannusprosentti	0,05	4	3 545	57 530	9 385
Vuosituotto per 1 kilowatti	1250,00	5	3 598	58 747	9 525
Ostosähkön hinta senttiä per kilowattitunti	12,40	6	3 652	59 989	9 667
Paneeli sähkön hinta senttiä per kilowattitunti/spot	9,00	7	3 706	61 256	9 811
Tuotannosta itse käytettävä osuus prosentteina	100,00	8	3 761	62 550	9 957
Tuotantoteho laskee vuodessa prosentteina	0,50	9	3 817	63 871	10 105
Spot hinnan nousu %	2,00	10	3 874	65 220	10 256
Sähkön kulutus vuodessa kWh	535454	11	3 932	66 596	10 408
Vuosituotanto kilowattitunteina	99 750	12	3 991	68 001	10 564
Vuosituotanto vuonna 21 euroissa	4 023	13	4 050	69 435	10 721
Vuosituotanto vuonna 1 euroissa	8977,50	14	4 110	70 900	10 881
Järjestelmän jäännösarvoprosentti vuonna 20	0,00	15	4 172	72 394	11 043
		16	4 234	73 919	11 207
		17	4 297	75 477	11 374
		18	4 361	77 066	11 544
		19	4 426	78 688	11 716
		20	4 492	80 345	11 890
			78 347	1 327 521	207 388

Rahallinen säästö sähkölaskussa vuosittain on noin 5 %. Yhden kohteen hintavertailulla summa ei kuulosta korkealta, mutta investointina hanke on kannattava. Laitetoimittajien kannalta on investointia haasteellisempi arvioida, mutta kun huomioidaan hankintahinnassa verot, katteet ja asennuskustannukset sekä mahdolliset investointituet tulee oman arvioni mukaan laitteistolle 30 % kate 20 vuoden ajalle.

Toisenlainen leasing sopimus on toteutettu HINKU-hankkeen tiimoilta vuonna 2015. Aurinkopaneeleista maksettava korvaus haluttiin vuositasolla samalle hintaluokalle kuin verkosta ostetun sähkön hinta. (Hinku-foorumi) Lisäksi hinnoitteluun otettiin huomioon mahdolliset 30 % tuet jotka laitetoimittaja sai edukseen. Kun tällä periaatteella suoritetaan laskelma, tulee sopimuksen kestoksi 12 vuotta.

Taulukko 8. HINKU-hankinnan periaatteen vertailu

LAITETOIMITTAJA		Vuosi	Säästö käytetyssä sähkössä	Vuosimaksu ostettu sähkö	Vuosimaksu tuotetusta
Järjestelmän koko kilowateissa	79,80	1	0	54 027	12 369
Järjestelmän hankintahinta euroissa (suora osto)	199 500	2	0	55 171	12 553
Osto sähkön hinnannousu vuodessa %	2,00	3	0	56 338	12 740
Korkokustannusprosentti	0,05	4	0	57 530	12 930
Vuosituotto per 1 kilowatti	1250,00	5	0	58 747	13 123
Ostosähkön hinta senttiä per kilowattitunti	12,40	6	0	59 989	13 318
Paneeli sähkön hinta senttiä per kilowattitunti/spot	12,40	7	0	61 256	13 517
Tuotannosta itse käytettävä osuus prosentteina	100,00	8	0	62 550	13 718
Tuotantoteho laskee vuodessa prosentteina	0,50	9	0	63 871	13 923
Spot hinnan nousu %	2,00	10	0	65 220	14 130
Sähkön kulutus vuodessa kWh	535454	11	0	66 596	14 341
Vuosituotanto kilowattitunteina	99 750	12	0	68 001	14 554
			Investointia jäljellä-jäännösarvo	Investointia jäljellä	Vuosituotto
Vuosituotanto vuonna 13 euroissa	14 771	13	0	0	14 771
Vuosituotanto vuonna 1 euroissa	12369	14	0	0	14 991
Järjestelmän jäännösarvoprosentti vuonna 20	0,00	15	0	0	15 215
Käytetyn sähkön hinta senttiä per kilowattitunti/spot	3,00	16	0	0	15 441
		17	0	0	15 671
Tuettu hinta järjestelmälle	149 625	18	0	0	15 905
		19	0	0	16 142
		20	0	0	16 382
					124 519

Näiden kahden leasing sopimusmallin välinen ero näkyy 20 vuoden vertailussa. Ensimmäisessä sopimuksessa päästään nauttimaan heti säästöistä ja toisen investoinnin kohdalla tuottoa syntyy vasta 12 vuoden jälkeen. Erot kuitenkin säästöjen kohdalla on 59 % HINKU-mallin hyväksi. Laitetoimittaja taas hyötyy molemmista sopimuksista.

### 5.3.3 Teemahaastattelujen sekä työpajojen yhteenveto

Haastattelut päätettiin toteuttaa yksilöhaastatteluina, sillä tulokset oletettiin vaihtelevan yritysittäin. Toimittajien tuotteilla ja tarjottavilla rahoitusmalleilla oletettiin olevan merkitys näkökantoihin. Haastattelun tulos riippui paljon haastateltavan asiantuntijuudesta ja joihinkin tilanteisiin saatiin haastattelun jälkeen vastauksia sähköpostitse. Tämän katsottiin hieman karsivan keskustelua aiheesta.

Laitetoimittajat katsoivat Suomen markkinat suotuisimmiksi nyt kuin aiemmin. Kaikkien toiveena oli, että Suomessa jatkossakin tuetaan uusiutuvia energiamuotoja ja varsinkin aurinkoenergiaa. Tuen osuus sopimuksissa ja investointien kannattavuudessa nähtiin suurena.

Laitetoimittajat joiden tuotteissa oli vain yhden laista paneeliratkaisua, tuntuivat olevan enemmän varautuneita ajatukselle käyttää erilaisia tuotteita samassa kiinteistössä. Varsinkin kun keskusteltiin vanhojen kiinteistöjen varustamisesta, tämä seikka tuli usein esille.

Kaikki laitetoimittajat eivät haastattelun mukaan tarjoa tuotteelleen rahoitus- tai leasing sopimuksia. Tällöin toimittajan laitteiston investoinnin kannattavuutta ei voida verrata tällaisissa sopimuksissa. Haastatteluissa selvisi laitteistojen olevan verrattain eri tehoisia hintaansa nähden. Jossain tulevassa tutkimuksessa kannattaisikin paremmin perehtyä tähän puoleen asiasta.

Verrokkikuntana haastateltiin Hangon uuden hankkeen tiimoilta laitetoimittajaa. Hangon hankkeen osalta toteutettuja kohteita oli vasta kolme ja ne ovat olleet käytössä vajaan vuoden. Hanko oli ratkaissut hankintaa erilaisin muodoin. Osa hankinnoista oli suoritettu leasing sopimuksella ja osassa oli käytetty suoraostoa. Hangossa on tarkoitus jatkaa aurinkoenergian liittämistä kaupungin kiinteistöjen energiatuotantoon.

Työpajoja järjestettiin tulevan kouluhankkeen tiimoilta. Ensimmäisessä tapaamisessa puhuttiin yleisesti hankkeesta ja siihen annetuista tavoitteista sekä selvitettiin mahdollisia aurinkoenergian käyttökohteita ja sijoituksia rakennuksessa. Tilaisuudessa todettiin, että rakennuksen katto on laaja ja sen hyväksi käyttäminen on mahdollista. Lasipintaa rakennukseen on myös tulossa ja viilentämisen osalta mietittiin mahdollisuutta käyttää hyväksi lasiin integroitua aurinkopaneeleja.

Seuraavaan työpajaan osallistui myös laitetoimittaja, joka mitoitti ja antoi alustavan tarjouksen kohteesta. Kohteen suunnittelu on vielä kesken, joten tästä syystä tarjousta ei voitu pitää täysin luotettavana. Tarjouksen tiedot on käytetty hyväksi edellisen taulukon 7 laskelmissa.

Tutkimus esiteltiin 30.5.2018 myös työn tilaajan eli Lohjan kaupungin kiinteistöistä vastaavalle Palvelutuotantolautakunnalle. Lautakunnalle esitetty materiaali on liitteenä 2. Lautakunnan kiinnostus asiaan oli positiivinen ja päädyttiin jatkossa kirjauttamaan aurinkoenergian käyttöönottomahdollisuuksien kartoitus jokaiseen korjaushankkeeseen. Lautakunta oli myös kiinnostunut sopimusmallien toiminnasta ja vaikutuksesta tuotto-odotuksiin. Tilaisuudessa käytiin keskustelua laitteistojen toimivuudesta ja kiinnostusta aiheeseen löytyi, joten asiaa päästiin keskustelemaan useasta näkökulmasta.

Laitteistojen toimivuutta epäiltiin keskustelussa ja tämä tutkimus tulee tarpeeseen, sillä tieto aurinkoenergian osalta oli monella vanhentunutta ja perustui ehkä kymmenen vuoden takaisiin järjestelmiin. Järjestelmien hinnan lasku ja muu kehittyminen sekä sähköyhtiöiden muuttunut asenne koettiin hyvinä uudistuksina. Jatkoa hankkeeseen tulee ja on seuraavaksi tarkoitus laatia esitys lautakunnalle mahdollisen yhteistyönä naapurikunnan

kanssa tehtävästä hankinnasta. Ideana on esittää kuntien omistaman laitoksen rakentamista sähkön tuottoon.

## 6 MITÄ LOHJAN KANNATTAA TEHDÄ

### 6.1 Yhteenveto investointilaskelmien tuloksista kohteissa

Tutkimuksessa oli tarkoitus investointilaskelmien kautta selvittää aurinkoenergialla tuotettavan sähkön kannattavuutta. Määrällisessä, kvantitatiivisessa tutkimuksessa voidaan tuloksen reliabiliteettia eli luotettavuutta tarkastella. Tarkastelun avulla saadaan tuloksia jotka eivät ole sattumanvaraisia. (Tuomi 2007, 150-152.)

Tutkimuksen investointilaskelmat onnistuivat ja niistä saatiin tarvittavia tietoja tuleviin päätöksiin. Laskelmien kautta pystyttiin osoittamaan tarvittavat pääomat ja sijoituksien tuotot.

Kunnalla on mahdollisuus lähteä toteuttamaan kaikilla eri hankintamalleilla aurinkoenergiainvestointia. Vaivattomin tapa on lähteä mukaan leasing investointiin, koska siinä ei kunnan omaa henkilöstöä tai investointipääomaa tarvita. Mikäli kauppaan kuuluu myös huolto ja tukien hakeminen.

	<b>Suora investointi</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Takaisinmaksuaika 13 vuotta</li> <li>• Investoinnin hinta 162 000 €</li> <li>• Säästää 110 000 € / 20 vuotta</li> </ul>
	<b>20 vuoden leasingsopimus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Takaisinmaksuaika 20 vuotta</li> <li>• Investoinnin hinta 207 000 €</li> <li>• Säästää 78 000 € / 20 vuotta</li> </ul>
	<b>12 vuoden leasingsopimus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Takaisinmaksuaika 12 vuotta</li> <li>• Investoinnin hinta 199 500 €</li> <li>• Säästää 124 500 € / 20 vuotta</li> </ul>

Erilaiset leasingsopimukset perustuvat tuotoltaan siihen kuinka paljon laitteen toimittaja voi sopimuksen tiimoilta saada investointitukea. Tuen määrä on vuosittain vaihdellut 25-30 % investoinnin kokonaiskustannuksista. Koska hinnoitteluun ei tässä tutkimuksessa päästy tarkemmin tutustumaan jää toimijalle muodostuvan tuoton suuruus arvailulle.

Suoran investoinnin takaisinmaksuaika lyhenee kahdella vuodella, mikäli verkosta ostetun sähkön hinnaksi asetetaan tämän hetkinen hintataso noin 14 senttiä/kWh ja saavutetun säästön osuus kasvaa samassa suhteessa. Kaiken kaikkiaan tällä korkotasolla ja hintatiedolla lähtisin kuntaa

ohjaamaan rohkeasti suoraan investointiin sekä aloittamaan lämpöyhtiöiden yhteistyön.

Aurinkoenergiaa vastaan on kirjoitettu useita artikkeleita. Yksi esimerkki on Rauli Partasen kirjoitus, joka löytyy uhkapeli-ilmastolla.net sivustolta. (Partanen 2015) Sivustolle on koottu useita aurinkoenergiaa koskevia kirjoituksia. Partanen kirjoittaa aurinkovoimaan liittyen, sen kannattavuudesta kesäaikana. Perusteet ovat lähtökohtaisesti oikeat, sähköstä maksettava listahinta on alhainen parhaan tuoton aikana. Kirjoituksissa ei kuitenkaan oteta huomioon siirtomaksuja ja verotusta jotka molemmat jatkavat nousua. Suomen tilanne onkin muuhun Eurooppaan verrattuna käänteinen siinä mielessä, että sähkön käyttöhintaa on alhainen, mutta muu osa laskusta tekee hinnan. Koeluontoisesti syötin investointilaskelmiin maksettavaksi sähkön hinnaksi 14 sentin sijaan 9 senttiä. Muutos toi takaisinmaksuaikoihin noin kolme vuotta lisää.

Toinen seikka johon artikkeleita lukiessa kiinnitti huomion, oli paneelien ympäristöystävällisyyden arvioiminen. Yhdessä Iltalehden artikkelissa otsikko kuului: ”Aurinkopaneelit tuottavat 300 kertaa enemmän jätettä kuin ydinvoima” (Korhola 2018). Argumentti perustui toiseen artikkeliin, joka kuvasi Japanin tilannetta tulevaisuudessa. Muuttumattomana lähtökohdaksi pidettiin aurinkopaneelien hävitysprosessia käyttöänsä jälkeen, mikä artikkelin mukaan ei tue kierrätysperiaatteita. Lähtökohtaisesti paneeleissa käytetyt osat voidaan kierrättää ja jätettä syntyy todella vähän. 300-kertainen jätemäärä pitää varmasti paikkansa, mikäli kaikkialla toimittaisi kierrätysperiaatteen vastaisesti.

## 7 YHTEENVETO

Yhtään uutta kattoa ei opinnäytetyön tekijän mielestäni tule tehdä ilman aurinkoenergian mukana pitämistä. Aurinkoenergialla on riittävästi potentiaalia, kun hankinnat mitoitetaan huolellisesti. Tutkielman perusteella toteutus ja hankintamalli aurinkoenergialla toimivalle järjestelmälle kohdekaupungin kiinteistöihin olisi tarkasteltava kohteittain, yksilöidysti.

Tasakatoille tuntuu helpoimpana vaihtoehtona olevan suoraan bitumikermiin liimattavat mattomaiset järjestelmät. Näitä järjestelmiä ei kuitenkaan ole tarjolla kuin suoralla ostomahdollisuudella ja kunta joutuisi isomman hankintaerän kohdalla miettimään rahoitusta. Harjakattoisiin kohteisiin on lukuisa määrä vaihtoehtoisia toimittajia ja näiden kohdalla taitaa laitteiston kokonaishinta asennettuna ratkaista voittajan.

Seuraavana etappina hankkeen eteenpäin viemiseksi tulee laatia esitys asiasta päättäjille. Tulevaa kaavoitusta uusien alueiden kehittämiseksi tulee ohjata suuntaan, jossa ihmisiä kannustetaan miettimään ratkaisuja, joilla

pyritään kiinteistöt saamaan omavaraisemmiksi. Läpi vuoden idea ei varmasti vielä moniin vuosiin toimi, mutta vähän kerralla on parempi kuin ei mitään.

Selvitystyö koskien yhteistyönä tehtävien hankintojen osalta on suoritettava, mikäli naapurikunnat lähtevät kehittämään yhteistä laitosmaista aurinkosähkön tuotantoa. Tämä kuntien omistamien lämpöyhtiöiden kehittäminen myös sähkön tuotantoon on varmasti kannattava hanke ja on toivottavaa, että se toteutuu tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

Ahonen Tero ja Ahola Jero. 2017. *Energiamurroksen ennakoidut vaikutukset 2030: Aurinkosähköjärjestelmät*. Aalto-yliopisto, Kauppakorkeakoulu, Johtamisen laitos, Energiatutkimus. E-aineisto:

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-7270-8>

Auvinen Karoliina. 2015. Finsolar. Verkkojulkaisu. Päivitetty 7.5.2015. Luettu 10.3.2018. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kuntien-aurinkoenergian-hankinta-ja-rahoitusmallit/>

Auvinen Karoliina. 2016. Finsolar. Verkkojulkaisu. *Aurinkoenergiainvestointien kannattavuuden haasteet*. Päivitetty: 6.2.2016. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkoenergian-tuotantohintoja/>

Business Finland. Energiatuki. Luettu 8.4.2018. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/pk-ja-midcap-yritys/energiatuki/>

Deambi Suneel. 2016. *Photovoltaic System Design*. Taylor & Francis Group, Boca Raton: London and New York. Verkkojulkaisuna: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781482259810>

Eklund Irina ja Kekkonen Heidi. 2016. *Kannattavuuslaskennan taitajaksi*. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. [http://www.ely-keskus.fi/web/ely/energiatuki?p\\_p\\_id=122\\_INSTANCE\\_aluevalinta&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_r\\_p\\_564233524\\_categoryId=14253&p\\_r\\_p\\_564233524\\_resetCur=true#.WszSs3pMSUk](http://www.ely-keskus.fi/web/ely/energiatuki?p_p_id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_r_p_564233524_categoryId=14253&p_r_p_564233524_resetCur=true#.WszSs3pMSUk)

Energiateollisuus. <https://energia.fi/>

Energysage. Päivitetty 18.4.2018. Viitattu 9.5.2018. <https://www.energysage.com/solar/solar-energy-storage/what-are-the-best-batteries-for-solar-panels/>

Fingrid. 2018. *Varttitase eli 15 minuutin taseselvitysjakso*. Viitattu 12.5.2018. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/varttitase/>

Finnwind Oy. <https://finnwind.fi/aurinkopaneeli/aurinkosahkojarjestelma-yritys/>



Hangon lehti. *Hanko panostaa vahvasti aurinkopaneeleihin*. Julkaistu 15.6.2017. Luettu 22.4.2018. <http://hangotidningen.fi/fi/lokalt/fi/2017-06-15/790640/hanko-panostaa-vahvasti-aurinkopaneeleihin>

Hinku-foorumi. Verkkosivusto. <http://www.hinku-foorumi.fi>

Hyvärinen, M., Nikander, P. ja Ruusuvuori, J. 2017. *Tutkimushaastattelun käsikirja*. Kustannusosakeyhtiö Vastapaino. Tallinna: Tallinna Raamattutrukikoja OÜ.

International Energy Agency. *Key Electricity Trends 2017*. Julkaistu 12.4.2018. Luettu 6.5.2018 <https://www.iea.org/media/statistics/KeyElectricityTrends2017.pdf>

Jantunen Heikki. 2018. *Helsingissä kesällä aurinkosähköä vajaa prosentti kulutuksesta*. Julkaistu 08.01.2018. Viitattu 1.4.2018. <https://www.verkkouutiset.fi/helsingissa-saadaan-kesalla-aurinkosahkoa-vajaa-prosentti-kulutuksesta/>

Järvenpää, M., Länsiluoto, A., Partanen, V. ja Pellinen, J. 2013. *Talousohjaus ja kustannuslaskenta*. 2. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Korhonen Eija-Riitta. 2.2.2018. *Aurinkopaneelit tuottavat 300 kertaa enemmän jätettä kuin ydinvoima*. Viitattu 13.5.2018. Saatavissa: <https://blogit.iltalehti.fi/eija-riitta-korhola/2018/02/02/aurinkopaneelit-tuottavat-300-kertaa-enemman-jatetta-kuin-ydinvoima/comment-page-3/>

Käpylehto Janne. 2016. *Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen*. Viro: Print Best.

Laatikainen Tuula. 2016. *1,2 megawatin sähkövarasto koostuu 15 000 litium-ioni-titaanioksidi-akkukennosta – Kävely Suvilahden sähkövaraston läpi*. Tekniikka & talous. Julkaistu 16.6.2016. Haettu 9.5.2018 osoitteesta: <https://www.tekniikkatalous.fi/videot/video-1-2-megawatin-sahkovarasto-koostuu-15-000-litium-ioni-titaanioksidi-akkukennosta-kavely-suvilahden-sahkovaraston-lapi-6560169>

Laitinen Jussi. 2010. *Pieni suuri energiakirja*. Tallinna: Kolofon Baltic.

Lukkari Jukka. 2018. *Superakku kehitetty - Ratkeaako sähköautoilun akkuongelma sulasuolalla ja ilmalla?* Tekniikka & talous. Julkaistu 12.4.2018. Haettu 9.5.2018 osoitteesta: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/nurmoon-nousee-megaluokan-aurinkovoimala-24-000-paneelia-tuottaa-6-mw-6719690>

Luotola Janne. 2013. *Superakku kehitetty - Ratkeaako sähköautoilun akkuongelma sulasuolalla ja ilmalla?* Tekniikka & talous. Julkaistu

20.9.2013. Haettu 9.5.2018 osoitteesta: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2013-09-20/Superakku-kehitetty---Ratkeaakos%C3%A4hk%C3%B6autoilun-akkuongelma-sulasuolalla-ja-ilmalla-3315326.html>

Martikainen Teppo. 2000. *Rahoituksen perusteet*. 2.-4. painos. Vantaa: Tammavuoren Kirjapaino Oy.

Metsämuuronen, J. 2009. *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmisteessä*. 4. laitos, 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Nissilä Heli. Aalto yliopiston kauppakorkeakoulu, johtamisen laitos Helsinki 01.09.2015. *Pienaurinkosähkön tukimuodot: Ison-Britannian, Tanskan ja Ruotsin politiikkamekanismeja*. FinSolar-projekti. Saatavissa: <https://www.slideshare.net/FinSolar/heli-nissil-pienaurinkoshkn-tukimuodot-isossa-britanniassa-tanskassa-ja-ruotsissa>

Oppariapu. *Haastattelut*. Viitattu 22.5.2018. Saatavissa: <https://oppiariapu.wordpress.com/metelmat/haastattelut/>

Partanen Rauli. 3.6.2015. *Suomen energiantuotannon arvioidut potentiaalit*. Viitattu 13.5.2018. Saatavissa: <https://uhkapeli-ilmastolla.net/category/aurinkoenergia/>

Perälä Rae. 2017. *Aurinkosähköä*. Alfamer / Karisto Oy.

Report IEA PVPS. *TRENDS 2017 IN PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS*. Julkaistu 22. versio 2017. Viitattu 7.4.2018. <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=trends>

Solarigo Oy. <https://www.solarigo.fi/palvelu>

SolaRoad. Julkaistu 20.2.2018. Viitattu 7.5.2018. <http://en.solaroad.nl/2018/02/20/new-pilot-with-solaroad-pavement-for-heavy-traffic/>

Suomala, P., Manninen, O. ja Lyly-Yrjänäinen, J. 2011. *Laskentatoimi johtamisen tukena*. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Tahkokorpi, M., Erat, B., Hänninen, P., Nyman, C., Rasinkoski, A. ja Wiljan-der, M. 2016. *Aurinkoenergia Suomessa*. Helsinki: Into kustannus.

Tapaninen Ruppä. 2015. *Sähköalan talouslaskenta*. 1. painos. Tampere: Amk-Kustannus Oy.

Tuomi, J. ja Sarajärvi, A. 2013. *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 10. uudistettu painos. Vantaa: Hansaprint Oy.

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. *Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030*. Julkaistu 23.01.2017. Viitattu 1.4.2018. Sähköinen versio: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>

U.S. Energy Information Administration (eia). *International Energy Outlook 2017*. Julkaistu 14.9.2017. [www.eia.gov/ieo](http://www.eia.gov/ieo)

Valli, R. ja Aaltola, J. (toim.). Kirjoittajat: Aaltola, J., Collin, K., Eskola, J., Heikkinen, H., Hänninen, V., Ilmonen, K., Kiviniemi, K., Laine, T., Metsämuuronen, J., Moilanen, P., Niikko, A., Paloniemi, S., Rajala, R., Rantala, I., Räihä, P., Suoranta, J. ja Valli, R. 2015. *Ikkunoita tutkimusmetodeihin* 2. 4. uudistettu painos. Jyväskylä: PS-kustannus.

Yle uutiset 20.4.2018. *Hanko ottaa jättiloikan aurinkosähkön käytössä: "Näytämme vähän tietä muulle Suomelle"*. Luettu 22.4.2018. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10165128>

Yle uutiset 27.7.2016. *Loimaan aurinkopaneelipuisto on yksi Suomen suurimmista – koekäyttö alkaa*. Luettu 22.4.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-9054491>

Yritystulkki. Viitattu 9.5.2018. Saatavissa: <http://www.yritystulkki.fi/fi/alue/hankasalmi/toimiva-yrittaja/investoinnin-laskenta/>

## Aurinkopaneelien asennuksen standardinmukaisuuden tarkastus Suomen lumikuormat

Noudatettava standardi:

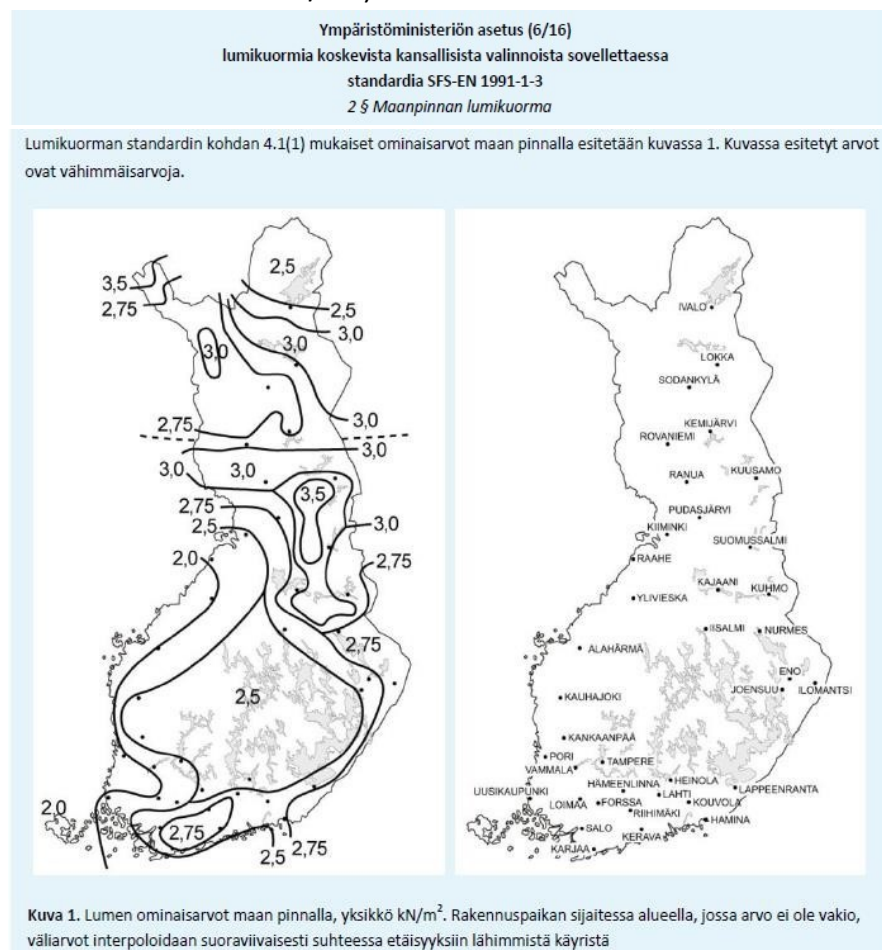
SFS-EN 1991-1-3 + AC + A1

Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat.

Lumikuormat Suomen kansallinen liite

### – Standardin keskeiset vaatimukset

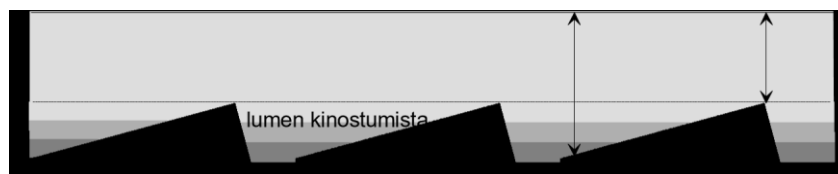
- Lumikuorman ominaisarvot, jotka interpoloidaan kartasta (Esim. Helsingissä ominaisarvo on noin 2.6 kN/m<sup>2</sup>)



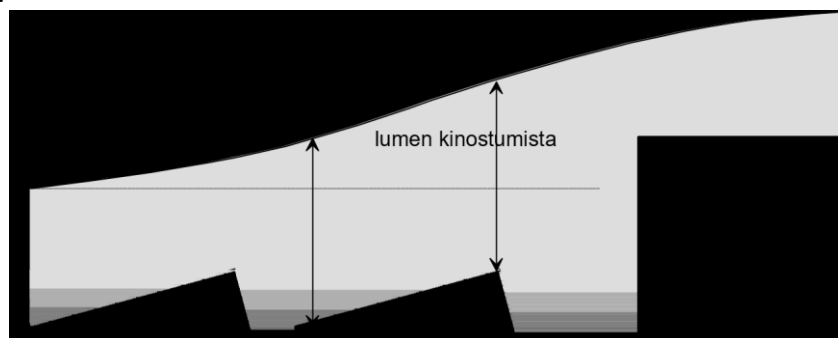
Lumikuorman ominaisarvossa huomioidaan lisäksi:

- Paneeliasennuksen muotokerroin.
- Paneeliasennuksen sijainnin tuulensuojaisuuskerroin.
- Kinostuminen paneeliasennukseen. Katon korkeuseroista ja esim IV konehuoneista aiheutuva kinostuminen.

Kinostumista tapahtuu kaikilla katoilla. Kinostumista tapahtuu paneelikentässä rivien väleissä, missä kinostunut lumi on vanhaa tiivistynyttä lunta, minkä tilavuuspaino on suuri. Kinostuminen paneelikentässä kasvattaa erityisesti paneelin etureunan kuormitusta.



Lisäksi kinostumista tapahtuu katolla olevissa esteissä, esim katon porrastuksissa tai IV konehuoneiden seinustoilla, minkä läheisyydessä paneeleihin kohdistuva lumikuorma kasvaa. Lumikuormatarkastelu tulee tehdä niiden paneelien kohdalla, missä lumikuorma on suurin.



Kookkaissa aurinkopaneelikentissä huomioitava SFS-EN 1991 standardin mukainen lumikuorma Suomessa on tyypillisesti 2.5 – 3.5 kN/m<sup>2</sup>. Tyypillisesti länsirannikolla ja Ahvenanmaalla huomioitava lumikuorma voi tapauskohtaisesti olla < 2.5 kN/m<sup>2</sup>. Lumikuorman määrittelee pätevä suunnittelija, jolla on lumikuormatarkasteluun riittävä tietotaito ja kokemus. Suunnittelijan pätevyysvaatimus on kuvattu laissa 41/2014 kohdassa 120 e §.

## – Aurinkopaneelin kuorman kantavuus

Paneelivalmistaja ilmoittaa asennusohjeessaan, miten paneeli on kiinnitettävä ja millaisen lumikuorman paneeli kantaa ko. kiinnityksellä. Kuorman kantavuus on tyypillisesti 2400 Pa, 3500 Pa tai 5400 Pa.



$$2400 \text{ Pa} = 2.4 \text{ kN/m}^2$$

$$3500 \text{ Pa} = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

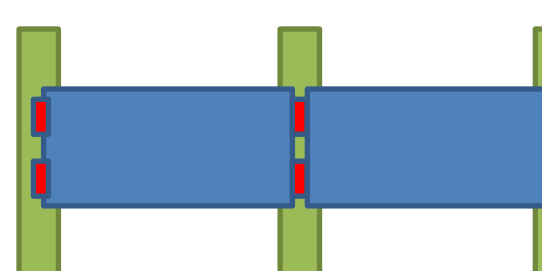
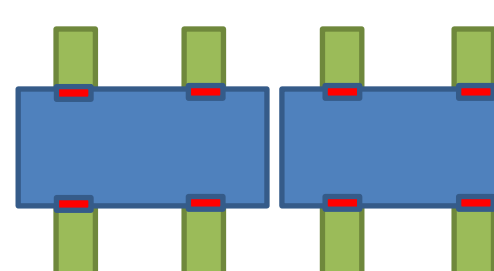
$$5400 \text{ Pa} = 5.4 \text{ kN/m}^2$$

Paneelin kiinnitystavat ilmoitetaan yleensä kuvina, mistä ilmenee vaaditut paneelin kiinnityspisteet ja kiinnitystä vastaava kuormankantokyky. IEC normien mukaisen kuormitustestin läpäisevät kiinnityspisteet on yleensä määritelty hyvin tarkasti. Usein kuormitusarvoa ei anneta lainkaan nurkasta kiinnitykseen.

Eri paneelivalmistajilla lumikuorman kantavuus on tyypillisesti seuraava:

Paneeli kiinnitetään ns. Clamp –kiinnityksellä neljästä merkitystä pisteestä paneelin lyhyiltä sivuilta	Paneeli kiinnitetään ns. Clamp –kiinnityksellä neljästä merkitystä pisteestä paneelin pitkiltä sivuilta
	
Lumikuorman kantavuus 2400 Pa (2.4 kN/m <sup>2</sup> )	Lumikuorman kantavuus 5400 Pa (5.4 kN/m <sup>2</sup> )

Tasakattojen asennusjärjestelmän runkorakenteet ovat tyypillisesti seuraavat:

Kantavat runkolinjat kulkevat paneelien päiden kohdalla.	Kantavat runkolinjat kulkevat pitkien sivujen kiinnityspisteiden kohdalla.
	
Kiinnitys paneelin lyhyiltä sivuilta. Lumikuorman kantavuus 2400 Pa (2.4 kN/m <sup>2</sup> )	Kiinnitys paneelin pitkiltä sivuilta. Lumikuorman kantavuus 5400 Pa (5.4 kN/m <sup>2</sup> )



**Miten voi arvioida täyttääkö aurinkopaneeliasennus Suomen lumikuormavaatimuksia?**

Jos aurinkopaneelit on kiinnitetty paneelin lyhyiltä sivuilta tai kulmista on mahdollista, että paneelin kantavuus ei riitä Suomen lumikuormille.

Jos telineen runkorakenne kulkee paneelin päiden kohdalla, on erittäin todennäköistä, että paneelit on kiinnitetty vain kulmista tai paneelin lyhyiltä sivuilta.

Jos paneelissa on 60 kennoa (=10 x 6 kennoa. Koko n. 1m x 1.7m) -> kantavuus ei ehkä riitä.

Jos paneelissa on 72 kennoa (=12 x 6 kennoa. Koko n. 1m x 2m) -> kantavuus tuskin riittää.



Paneelissa on 12 kennoa vierekkäin ja leveyttä 2 m!

Paneelikiinnikkeet ovat kulmissa tai paneelin lyhyillä sivuilla!

Runkolinja kulkee vain paneelin päiden kohdalla!

On erittäin todennäköistä, että kuvan asennus ei täytä Suomen lumikuormavaatimusta!



## – Virheellisen asennuksen potentiaalisia vaaroja

Virheellinen asennus voi aiheuttaa vakavia henkilövahinkoja tai kuoleman.

- Paneeli kaareutuu lumikuormasta -> paneeli putoaa kiinnikkeistä -> paneeli lentää myrskyssä -> hengenvaara.
- Paneeli kaareutuu ja lasi rikkoutuu tai kiderakenne säröytyy -> korkean DC jännitteen valokaarivaara > tulipalo -> hengenvaara.
- Paneeli kaareutuu ja kiderakenne säröytyy -> maavuotoa -> sähköiskun vaara -> hengenvaara.
- Paneelirunko taivuttaa, lasi rikkoutuu ja paneeli romahtaa -> maavuotoa, paneelin lentäminen myrskyssä, kattovauriot -> omaisuusvahingot ja hengenvaara.

Virheellisestä asennuksesta voi aiheutua merkittäviä taloudellisia tappioita.

- Kattorakenteiden mekaaniset vauriot ja vesivuodot
- Paneelientien tulipalot ja kiinteistöpalot
- Vakuutusyhtiö voi kieltäytyä korvaamasta vahinkoa, jos paneeliasennus ei täytä normeja
- Paneelientä voi joutua käyttökieltoon tai korjattavaksi myöhemmissä määräaikaissä lakisääteisissä varmennustarkastuksissa.
- Rakennustarkastus voi vaatia muutoksia paneelienttään.
- Paneelientän ylläpito- ja huoltokustannukset voivat kasvaa merkittävästi.
- Maineen menetykset, imago tappiot

## – Esimerkki. Ote asennusohjeesta: Amerisolar

Paneelityyppi kantaa vain 2400 Pa, kun paneeli kiinnitetään neljästä pisteestä merkityillä alueilla pitkältä tai lyhyeltä sivulta ns. Clamp kiinnityksellä. Asennusohjeen mukaisesti Suomessa paneelin kiinnitykseen tulisi käyttää useampia kiinnityspisteitä. Edes nelipistekiinnitys paneelin pitkiltä sivuilta ei riitä kaikille Suomen lumikuormille.

<http://www.weamerisolar.eu/wp-content/uploads/2012/11/Installation-Manal.pdf>

### (b) Clamp mounting

- The modules can be installed in both landscape (clamping on the short frame) and portrait (clamping on the long frame) modes by clamp mounting.
- The module clamps should not come into contact with the front glass and must not deform the frame.
- Be sure to avoid shadowing effects from the module clamps.
- The module frame is not to be modified under any circumstances.
- When choosing this type of clamp mounting method, please be sure to use at least four clamps on each module, two clamps should be attached on each frame of the module. Depending on the local wind and snow loads, if the pressure load exceeds 2400Pa, additional clamps or support would be required to ensure the module can bear the load.

For clamping mounting on the long or short frame of the module, please refer to Fig.3 and Fig.4.

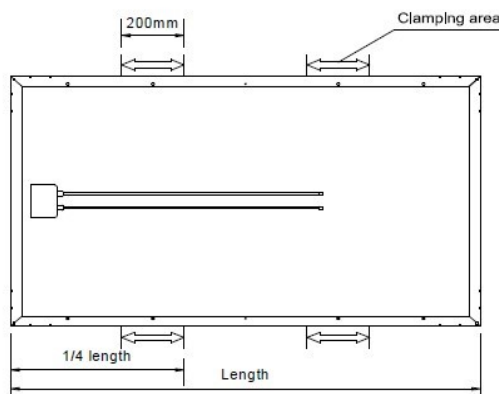


Fig.3 The module installed on long frames with clamp mounting method

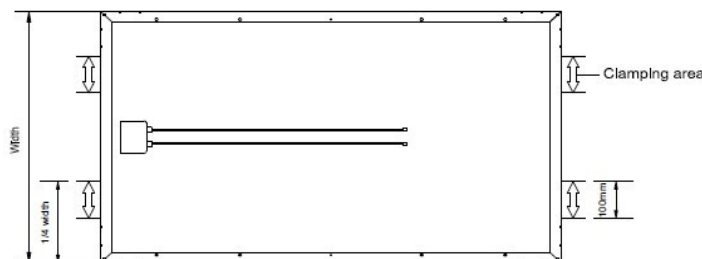
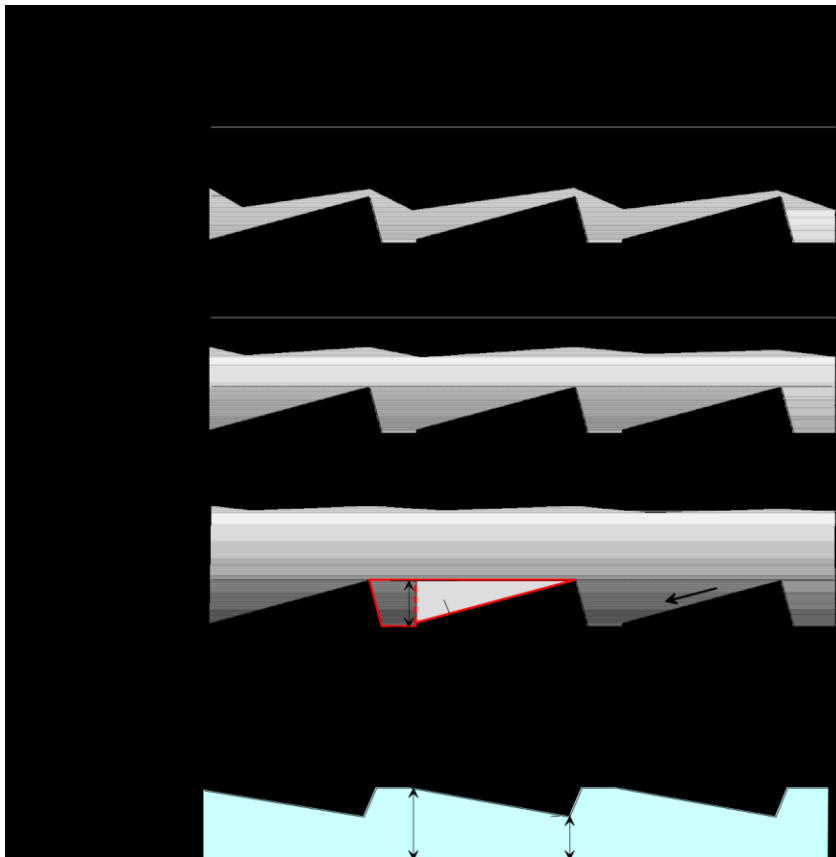


Fig.4 The module installed on short frames with clamp mounting method

## Ohje rakennesuunnittelijoille SFS-EN 1991-1-3 tulkintaan muotokertoimen osalta.

Muotokerroin valitaan sen pinnan muodon mukaan mihin lumi kerääntyy. Tasakatolla on oma muoto ja tasakaton päälle rakennetulla aurinkopaneelientällä on oma muoto. Paneelien kuormitustapaus tulee tarkastella paneeliasennuksen muodon mukaan.

### Lumen kinostuminen paneelientässä ja kuormitustapaus



Case (ii)  $\mu_2(\bar{\alpha})$   $\bar{\alpha} = (\alpha_1 + \alpha_2)/2$   
 $\mu_1(\alpha_1)$   $\mu_1(\alpha_2)$

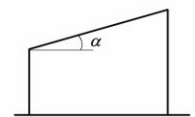


Tapaus (ii): Tapahtuu lumen liukumista

(Kinostumisen jälkeen muoto vastaa tasakaton muotoa.)

$\mu_1$

Tilavuuspainot: LIITE E



Esittelypohja palvelutuotantolautakunnan käsittelyyn 30.5.2018.

# Aurinkosähkö

Case: Lohjan kaupunki

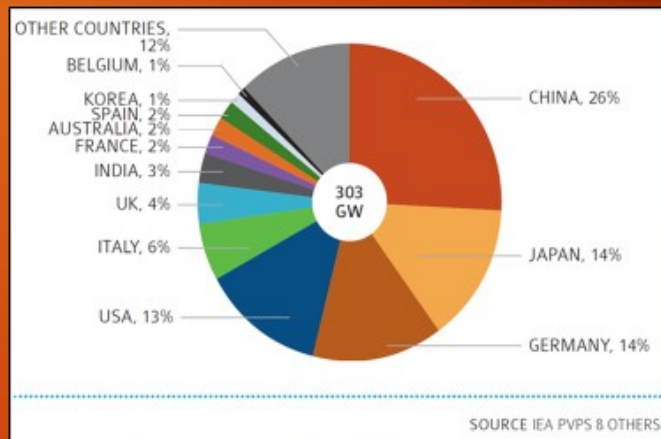
Sanna Laaksonen 30.5.2018

## Aurinkosähkö

- Mitä maailmalla tapahtuu
- Missä Suomi menee
- Miten asiaa työssä lähestytään
- Tuloksia
- Tästä eteenpäin

Sanna Laaksonen 30.5.2018

## Aurinkosähkö maailmalla



Sanna Laaksonen 30.5.2018

## Aurinkosähkö maailmalla

- Kiina ja Intia kärkimaita
- Intiassa aurinkoenergia syrjäyttää hiilen
- Saksan vauhti hiipuu ja Iso Britannia kiihdyttää
- Norjaan ja Ruotsiin verrattuna Suomi on jäljessä

Sanna Laaksonen 30.5.2018

## Aurinkosähkö Suomessa

- Suomessa noin 15 MW tuotto vuodessa
- Sähköä kulutetaan 85,5 TWh vuodessa
- Helen suurin tuottaja 10 % koko Suomen tuotosta

Sanna Laaksonen 30.5.2018

## Aurinkosähkö Suomessa

- Tuotto epätasaista ja painottuu kevät-kesäaikaan
- Tuotto odotukset kuitenkin vuositasolla samaa luokkaa kuin Tanskassa
- Tuet ja ylijäämän hinta

Sanna Laaksonen 30.5.2018



## Tuloksia

### Teemahaastattelut

- Tuotteiden toimittajilla hyvin erilaiset toimitussisällöt
- Vertailukunnissa vähän vastoinkäymisiä laitteiston kanssa, mutta tuotto hieman jäänyt kun sää on ollut mitä on

### Työpajat

- Uuden hankkeen osalta ideoitu erilaisia laitteistoja
- Korjauskohteissa pyritään jatkossa ottamaan aina mukaan

### Investointilaskelmat

- 70 kpl kiinteistöjä tutkittu
- 24 kohdetta mukaan laskelmiin

Sanna Laaksonen 30.5.2018



#### Suora investointi

- Takaisinmaksuaika 13 vuotta
- Investoinnin hinta 162 000 €
- Säästää 110 000 € / 20 vuotta



#### 20 vuoden leasingsopimus

- Takaisinmaksuaika 20 vuotta
- Investoinnin hinta 207 000 €
- Säästää 78 000 € / 20 vuotta



#### 12 vuoden leasingsopimus

- Takaisinmaksuaika 12 vuotta
- Investoinnin hinta 199 500 €
- Säästää 124 500 € / 20 vuotta

Sanna Laaksonen 30.5.2018

AURINKOPANEELI		Vuosi	Investointia jäljellä- jäätösarvo	Investointia jäljellä	Vuosituotto	Korko	Järjestelmän jäätösarvo
Järjestelmän koko kilowateissa	79.80	1	109 858	156 940	12 431	785	47082
Järjestelmän hankintahinta euroissa	156 940	2	98 212	145 294	12 616	726	47082
Sähkön hinnannousu vuodessa prosentteina	2.00	3	86 322	133 404	12 804	667	47082
Korkokustannusprosentti	0.50	4	74 185	121 267	12 995	606	47082
Vuosituotto per 1 kilowatti	1250.00	5	61 797	108 879	13 188	544	47082
Ostosähkön hinta senttiä per kilowattitunti	12.40	6	49 153	96 235	13 385	481	47082
Verkkoon syötetyn sähkön hinta senttiä per kilowattitunti	3.00	7	36 249	83 331	13 584	417	47082
Tuotannosta itse käytettävä osuus prosentteina	100.00	8	23 081	70 163	13 787	351	47082
Tuotantotulo laskee vuodessa prosentteina	0.50	9	9 645	56 727	13 992	284	47082
		10	-4 063	43 019	14 201	215	47082
		11	-18 049	29 033	14 412	145	47082
Vuosituotanto kilowattitunteina	99 750	12	-32 316	14 766	14 627	74	47082
Vuosituotanto vuonna 1 euroissa	12 431	13	-46 869	213	14 845	1	47082
		14	-61 713	-14 631	15 066	-73	47082
Järjestelmän jäätösarvoprocentti vuonna N	0.30	15	-76 853	-29 771	15 291	-149	47082
		16	-92 292	-45 210	15 518	-226	47082
		17	-108 037	-60 955	15 750	-305	47082
		18	-124 091	-77 009	15 984	-385	47082
		19	-140 461	-93 379	16 223	-467	47082
		20	-157 150	-110 068	16 464	-550	47082
					110 296		

Sanna Laaksonen 30.5.2018

## Tästä eteenpäin

Aurinkoenergian hyödyntäminen kiinteistöjen sähköntuottoon on kannattava investointi.

Se, että investointi pystytään selittämään järkeväksi ei ole asian ydin vaan se, että meiltä löytyy aitoa halua toteuttaa hankkeet.

Sanna Laaksonen 30.5.2018